

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОБУСЛОВЛЕННОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

А.И. Федорчук, канд. техн. наук, доцент; В.Г. Андруш, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы прогнозирования профессиональных рисков, вероятностно-статистической оценки внешних факторов производственной среды при функционировании трудовых коллективов сельскохозяйственных организаций.

The predicting issues of professional risks, probability-statistical evaluation of external factors of the industrial environment are considered at functioning of labour collectives of the agricultural organizations.

Введение

Современные трудовые коллективы сельскохозяйственных организаций, состоящие из специалистов разного профиля, возраста, социального уровня и образования, представляют собой сложные социальные системы. Это позволяет говорить о необходимости создания методов исследования и прогнозирования динамических свойств таких систем, в первую очередь профзаболеваемости и производственного травматизма. Эти методы могут быть как экспериментальными, так и теоретическими. Акцент на экспериментальные подходы означает необходимость значительных материальных затрат. Выигрышной в этом смысле является разработка теоретического подхода с использованием новых информационных технологий.

Основная часть

Одной из основных задач управления безопасностью труда на производстве является снижение профессионального риска. Минимизация степени риска может быть достигнута за счет снижения частоты и степени тяжести заболеваний с временной утратой трудоспособности. Для этого необходимо из регистрируемых заболеваний выделить ту ее часть, которая обусловлена вредными производственными факторами [1].

Значение производственно-обусловленной заболеваемости в сельскохозяйственном производственном подразделении ($M_{\text{поз}}$) можно определить исходя из фактического уровня заболеваемости в данном подразделении ($M_{\text{факт}}$):

$$M_{\text{поз}} = M_{\text{факт}} - M_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{доп}}$ – допустимый уровень заболеваемости в данном регионе с учетом возраста работающих.

Существующие подходы оценки профессионального риска, базирующиеся на данных медицинской статистики, отражают, главным образом, конечный результат воздействия негативных производственных факторов. Следствие этого – низкая эффективность и запаздывание управленческих решений по регулированию рисков.

В этой связи для выявления зависимостей влияния рискообразующих факторов на работоспособность ра-

ботающих можно использовать корреляционный анализ, и с помощью экспертного метода обосновать и определить значимые количественные и качественные показатели уровня профессионального риска [2, 4].

Преимуществом предлагаемого метода является прикладная полезность статистического классификатора, позволяющая качественно и количественно оценивать уровни воздействия рискообразующих факторов, в частности химических веществ, на профессиональное здоровье, оперативно осуществлять конкретные, целенаправленные действия по его сохранению и поддержанию.

Оценка риска может быть проведена с использованием таких показателей, как частота возникновения производственного травматизма и профессиональных заболеваний с временной утратой трудоспособности (от 1 балла – низкая, с одним случаем за 5 лет, до 7 баллов – катастрофическая, свыше 41 случая за год); степень тяжести последствий от производственного травматизма и профессиональных заболеваний (от 1 балла – низкая с потерей не более чем 1 день, до 7 баллов – катастрофическая, со смертельным исходом или полной потерей трудоспособности).

Обоснованы следующие границы категорий профессиональных рисков:

Граница низких и допустимых рисков $R_{\text{н-д}}$:

$$R_{\text{н-д}} = P_{\text{мкртр}} \cdot S_{\text{мкртр}} + P_{\text{пт}} \cdot S_{\text{пт}} + P_{\text{звут}} \cdot S_{\text{звут}} = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 10 \text{ (баллов)} \quad (2)$$

Граница допустимых и существенных рисков $R_{\text{д-с}}$:

$$R_{\text{д-с}} = P_{\text{мкртр}} \cdot S_{\text{мкртр}} + P_{\text{пт}} \cdot S_{\text{пт}} + P_{\text{звут}} \cdot S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} \cdot S_{\text{пз}} = 3 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 6 = 39 \text{ (баллов)}. \quad (3)$$

Граница существенных и высоких рисков $R_{\text{с-в}}$:

$$R_{\text{с-в}} = P_{\text{мкртр}} \cdot S_{\text{мкртр}} + P_{\text{пт}} \cdot S_{\text{пт}} + P_{\text{звут}} \cdot S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} \cdot S_{\text{пз}} = 5 \cdot 1 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 5 + 5 \cdot 6 = 85 \text{ (баллов)} \quad (4)$$

Граница высоких и катастрофических рисков $R_{\text{в-к}}$:

$$R_{\text{в-к}} = P_{\text{мкртр}} \cdot S_{\text{мкртр}} + P_{\text{пт}} \cdot S_{\text{пт}} + P_{\text{звут}} \cdot S_{\text{звут}} + P_{\text{пз}} \cdot S_{\text{пз}} = 7 \cdot 1 + 7 \cdot 7 + 7 \cdot 7 + 7 \cdot 6 = 147 \text{ (баллов)}, \quad (5)$$

где $P_{\text{мкртр}}$, $P_{\text{пт}}$, $P_{\text{звут}}$, $P_{\text{пз}}$ – частота возникновения микротравм, производственных травм, заболеваний с

временной утратой трудоспособности, профессиональных заболеваний (случай/год);

$S_{\text{мкртр}}$, $S_{\text{пт}}$, $S_{\text{звуг}}$, $S_{\text{пз}}$ – степень тяжести последствий микротравм, производственных травм, заболеваний с временной утратой трудоспособности, профессиональных заболеваний (потеря дней).

Это позволило предложить следующую шкалу классификации профессиональных рисков (в баллах):

- низкие (приемлемые) ($R \leq 10$)
- допустимые ($11 \leq R \leq 39$)
- существенные ($40 \leq R \leq 85$)
- высокие ($86 \leq R \leq 147$)
- катастрофические ($148 \leq R$)

Анализ показывает, что риски, отнесенные к категории «низкие» и «допустимые», являются управляемыми, с учетом существующих на объекте мер безопасности труда: наличием и соблюдением необходимых процедур и инструкций, поддержкой оборудования в технически исправном состоянии, безусловным выполнением правил его эксплуатации, своевременным проведением обучения, инструктажа и проверки знаний работников. Риски, отнесенные к категориям «существенные», «высокие» и «катастрофические», необходимо считать недопустимыми, и их появление и развитие требует разработки организационных, технических, социально-экономических мер, определяемых действующей системой управления рисками.

Отличительной особенностью функционирования любого трудового коллектива при выполнении различных технологических операций, в том числе сельскохозяйственных, является вероятностно-статистический характер внешних воздействий, обусловленный многочисленными переменными факторами, непрерывно изменяющимися во времени [3]. К ним относятся изменения условий работы в кабине, на поле, ферме, параметров микроклимата производственных помещений (температура и влажность воздуха, скорость воздушных потоков), колебания освещенности рабочих поверхностей, шум, вибрация и т.д. Входные внешние воздействия, представляющие собой случайные процессы, оказывают влияние на основные выходные переменные величины $y_i(t)$, определяющие производственный травматизм и профзаболеваемость.

При установлении вероятностно-статистических оценок выходных параметров применяется метод функции случайных аргументов. Его сущность состоит в том, что коллектив рассматривается в виде модели «вход-выход».


Входная x_i и выходная y_i переменные величины определяются детерминированной (неслучайной) функциональной зависимостью $y_i = f(x_i)$. В качестве функции связи применяются функции, полученные при аппроксимации кривых, полученных после статистической обработки данных о состоянии производственного травматизма и профзаболеваемости на исследуемом предприятии [2].

Для основных оценок показателей травматизма с учетом вероятного характера внешних воздействий необходимо установить функцию связи (передаточную функцию) и закон распределения аргумента. Это может быть достигнуто использованием метода информационных цепей [3].

Метод основан на формировании эквивалентной схемы замещения объекта, представляющей собой его топологическое отображение в виде определенным образом связанной совокупности условных обозначений элементов.

В схему включаются элементы, которые оказывают существенное влияние на решение задачи.

В целом трудовой коллектив сельскохозяйственного предприятия может рассматриваться как некоторая структурированная среда, включающая управляющие подсистемы. В большинстве систем можно выделить три типа простейших элементов – носителей энергии (при построении эквивалентных схем используют условные обозначения, принятые в электротехнике):

—  элементы, в которых происходят необратимые потери (диссипация) информационной энергии;

—  элементы, обладающие способностью накапливать информационную потенциальную энергию;

—  элементы, обладающие способностью накапливать информационную кинетическую энергию.

Сочетанием этих простейших элементов может быть получена схема замещения сложной информационной цепи. При построении схемы замещения информационной цепи объекта необходимо исходить из того, что любая его подсистема может быть отображена в виде элементарного блока, представляющего собой определенным образом связанную совокупность элементов, способных как накапливать энергию (потенциальную или кинетическую), так и необрати-

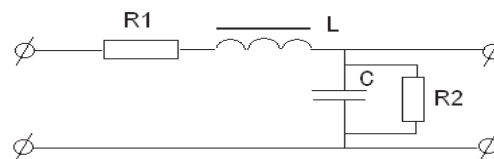


Рисунок 1. Г-образная схема замещения элементарного блока информационной цепи

мо ее рассеивать (рис. 1).

Природа этих элементов различна: один из них характеризует потери информации во время обучения (особенность человеческой психики не воспринимать все 100 % входящей информации), другой – потери информации с течением времени (долговременная память человека постепенно теряет накопленную информацию). Эквивалентную схему замещения производственного коллектива можно представить как совокупность взаимосвязанных блоков – в данном случае, отдельных работников.

Итак, на входе блока «трудовой коллектив» действуют факторы производственной среды, приводящие к профессиональной заболеваемости (с учетом того, что 50 % заболеваний так или иначе вызваны производственной деятельностью человека).

Кроме того, входными величинами являются защитные средства и профилактические меры (рис. 2).

В настоящее время перечень реально действующих техногенных и антропогенных производственных факторов значителен и насчитывает более 100 видов. Необходимо отметить, что один и тот же опас-



Рисунок 2. Входные и выходные величины

ный (вредный) производственный фактор может относиться одновременно к различным группам [3, 4].

«Аналоговость» процесса можно обосновать соотношением о непрерывном изменении исследуемой величины с течением времени, т.е. связать физическую величину и время некой функцией. Величина той же освещенности рабочих мест обосновывается требованиями соответствующих стандартов, поэтому в больших пределах меняться она не может – соответственно все изменения незначительно варьируются с течением времени вокруг математического ожидания величины:

$$A = f(t), \quad (6)$$

где A – величина аналогового фактора (уровень освещенности рабочих мест, температура воздуха и т.д.); t – время (например, часы рабочей смены или дни года).

Экспериментально полученный суммарный (эквивалентный) сигнал для конкретного фактора можно рассматривать как входной аналоговый.

В случае дискретных факторов используется процедура частотного демодулирования.

Аналоговые факторы в основном приводят к развитию профессиональных заболеваний (например, высокая влажность при низкой температуре воздуха приводит к хроническому воспалению верхних дыхательных путей), дискретные – к травмам (отсутствие заземления может вызвать электротравму, отсутствие защитного кожуха электропривода – повреждение конечности). Тем не менее нельзя полностью разделять эти два потока – некоторые аналоговые входные воздействия могут приводить к травмам (например, низкая освещенность), а дискретные – к профессиональным заболеваниями (например, отсутствие вентиляционных люков). При этом можно оценить коэффициент взаимной корреляции между этими двумя потоками.

Таким образом, в рассматриваемой модели трудового сельскохозяйственного коллектива на входе четырехполосника действуют: состояние условий труда и травмобезопасности рабочего места, наличие или отсутствие средств индивидуальной защиты, информационно-обучающие потоки; на выходе системы под действием входных факторов формируются производственный травматизм и производственно-обусловленная заболеваемость. Причем состояние условий труда характеризуется «среду» в системе «человек – машина – среда», травмобезопасность рабочего места – «машину», обучающая информация – «человека».

Инструментальные замеры на отдельных производственных участках позволяют с достаточной степенью

точности получать графики изменения как аналоговых, так и дискретных факторов с течением времени. Но по затратам рабочего времени экономически нецелесообразно получение полной информации по всем факторам даже на отдельном рабочем месте.

Анализ амплитудно-частотных характеристик предлагает установление зависимостей коэффициентов усиления k и постоянных τ и T от факторов, характеризующих безопасность технологического процесса, а также надежность защиты работающих в опасных условиях, коррелированных с показателями травматизма на данном производственном объекте. Получение таких зависимостей возможно на основании специальных экспериментальных исследований безопасности операторов конкретной сельскохозяйственной техники в конкретных условиях.

Выводы

Методы исследования низкочастотных процессов в технических системах сельскохозяйственного производства, при определенных допущениях, дают широкие возможности для изучения и прогнозирования динамических свойств данных систем, в первую очередь уровня производственно-обусловленной заболеваемости и травматизма.

Методика моделирования указанных систем опирается на подход, основанный на формировании эквивалентных схем замещения объектов, по аналогии с применяемыми в теории электротехники. Она позволяет определять передаточные функции динамических систем по схемам замещения, а их динамические свойства исследовать на основе анализа амплитудно-частотных характеристик входных и выходных параметров. При этом методика учитывает вероятностный характер внешнего воздействия.

Рассмотренная модель многоуровневой системы управления профессиональными рисками позволяет интегрировать данную подсистему в общую систему управления охраной труда на сельскохозяйственном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система управления охраной труда. Общие требования: СТБ 18001-2005. – 18 с.
2. Асаенок, А.И. Профессиональные риски: методика анализа и управления / А.И. Асаенок, Е.Е. Кученева, А.Ф. Минаковский. – Мн.: Бестпринт, 2009. – 181 с.
3. Юсупов, Р.Х. Производственная среда предприятия АПК как информационная динамическая система при анализе и прогнозировании травматизма и профессионально-обусловленной заболеваемости / Р.Х. Юсупов, А.В. Зайнешева, Ю.Г. Горшков. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. – 221 с.
4. Федорчук, А.И. Теоретические основы охраны труда в сельском хозяйстве: монография / А.И. Федорчук. – Мн.: 2004. – 270 с.