

# Інформаційні технології в медицині

УДК 681.518

И.В. Антонова

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО СТАЖА В РАЗВИТИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*В данной статье предлагается метод определения критического стажа в развитии профессионально обусловленных аллергодерматозов, развивающихся в условиях вредного производства. Предложен алгоритм оценки возможности снижения риска развития профессионально обусловленных заболеваний. Описана реализация метода и алгоритма в экспертной системе на основе нечеткой логики. Предложенный подход даст возможность повысить эффективность проведения профилактических осмотров, а также может быть использован при заключении медицинского страхового полиса на предприятии.*

**Ключевые слова:** профессионально обусловленные заболевания, факторы риска, оценка риска, нечеткая экспертная система, критический стаж, оценка возможности снижения риска.

### Введение

**Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы.** В настоящее время в Украине в условиях интенсивного развития химической и фармацевтической отраслей промышленности ухудшается экологическое состояние окружающей среды и, как следствие, растет количество больных, в том числе, на распространенные дерматозы. Данные мониторинга [1] состояния здоровья рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности (ХФП) свидетельствуют о высоком уровне заболеваемости аллергодерматозами и другими кожными заболеваниями, что, в свою очередь, может привести к увеличению количества профессиональных заболеваний.

Оценка состояния здоровья рабочего на предприятии и подбор курса индивидуальной профилактики в условиях медсанчасти предприятия является сложной многомерной задачей, которую решает врач, опираясь на собственную квалификацию, опыт работы и интуицию с учетом индивидуальных особенностей обследуемого рабочего.

Эти обстоятельства обуславливают актуальность развития подходов к профилактике профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний (ПОЗ), которые базируются на анализе факторов риска (ФР) и оценке состояния здоровья рабочих на предприятиях ХФП. Для оценки риска развития ПОЗ необходимо определить возможные (как индивидуальные, так и групповые) ФР [2] и разработать метод, который будет учитывать их общее влияние на развитие ПОЗ.

Это обуславливает необходимость построения автоматизированной системы, которая повысит эф-

фективность оценки состояния здоровья рабочих и проведения профилактических осмотров на предприятиях ХФП.

Задача прогноза риска развития ПОЗ у рабочих связана с определением критического стажа, который является групповой характеристикой, определяющей стаж работы на предприятии ХФП с наибольшим риском развития ПОЗ.

Профессиональные вредности (ПВ) – это вещества химического и биологического происхождения, с которыми рабочие ХФП имеют контакт в процессе своей работы. ПВ являются основной причиной возникновения профессионально обусловленных аллергодерматозов. Кроме того, существуют ФР, которые не являются причиной возникновения заболевания, но предшествуют его развитию [3]. Для ФР эффективной является оценка их совместного влияния на развитие заболевания. Такую оценку удобно проводить на основе аппарата нечеткой логики. Для решения этой задачи предлагается разработать нечеткую экспертную систему (НЭС) оценки риска развития ПОЗ.

**Целью статьи является** описание метода определения критического стажа в развитии ПОЗ и его реализации на основе НЭС оценки риска развития ПОЗ.

### Результаты исследований

Настоящее исследование проводилось по данным, полученным в результате профилактических осмотров рабочих фармацевтической фирмы «Здоровье» г. Харькова (всего 364 человека).

По результатам экспертных оценок множество  $\Omega$  обследованных рабочих было разделено на три группы:  $\Omega_1$  – обследованные, имеющие или имевшие аллергические заболевания в анамнезе,  $\Omega_2$  –

обследованные, имеющие различные соматические заболевания,  $\Omega_3$  – практически здоровые. Выше упомянутые группы соответствуют следующим уровням риска развития ПОЗ:  $X_0^{(1)}$  = «Высокий риск развития ПОЗ»,  $X_0^{(2)}$  = «Повышенный риск развития ПОЗ»,  $X_0^{(3)}$  = «Невысокий риск развития ПОЗ».

Значениям целевого признака  $X_0^{(p)}$  ( $p = \overline{1,3}$ ) соответствуют состояния здоровья рабочих  $S_p$  с различным уровнем риска развития ПОЗ.

Множество  $\Omega$  обследованных рабочих ХФП анализировалось на наличие ФР развития ПОЗ по 11 признакам.

Однако на самом деле не признак является ФР, а его градация. Поэтому исходное количество потенциальных ФР определено общим количеством градаций признаков – 54.

С помощью однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа было получено подмножество ФР  $X_{FR}$  множества признаков  $\tilde{X}_k$  ( $k = \overline{1, n}$ ), для которых было установлено их значимое влияние на целевой признак  $X_0$  [4].

На основе полученной информации была проведена комплексная оценка риска развития ПОЗ,

включающая в себя оценку индивидуального и группового риска. Индивидуальный риск рассчитывался на основе анализа мер риска [4] и предложенного в [5] обобщенного внутреннего ФР. При оценке группового риска был проведен анализ типов реакции адаптации, который позволил определить уровни адаптированности групп рабочих к условиям труда на ХФП. Применение метода корреляционной адаптометрии позволило выделить группы рабочих по стажу с наивысшим риском развития ПОЗ [6].

Для автоматизации процесса оценки риска развития ПОЗ разработана ЭС с нечеткими решающими правилами.

НЭС оценки риска развития ПОЗ имеет следующие модули (рис. 1):

- интерфейс пользователя;
- базу данных рабочих ХФП;
- базу знаний, включающую базу правил, весов, функций принадлежности (ФП), а также модифицируемую обучающую выборку;
- модуль нечеткого логического вывода;
- модуль обучения НЭС, включающий средства для проведения параметрической оптимизации НЭС экспертом в режиме обучения;
- модуль разъяснений, предоставляющий пользователю результаты расчетов и их интерпретацию.

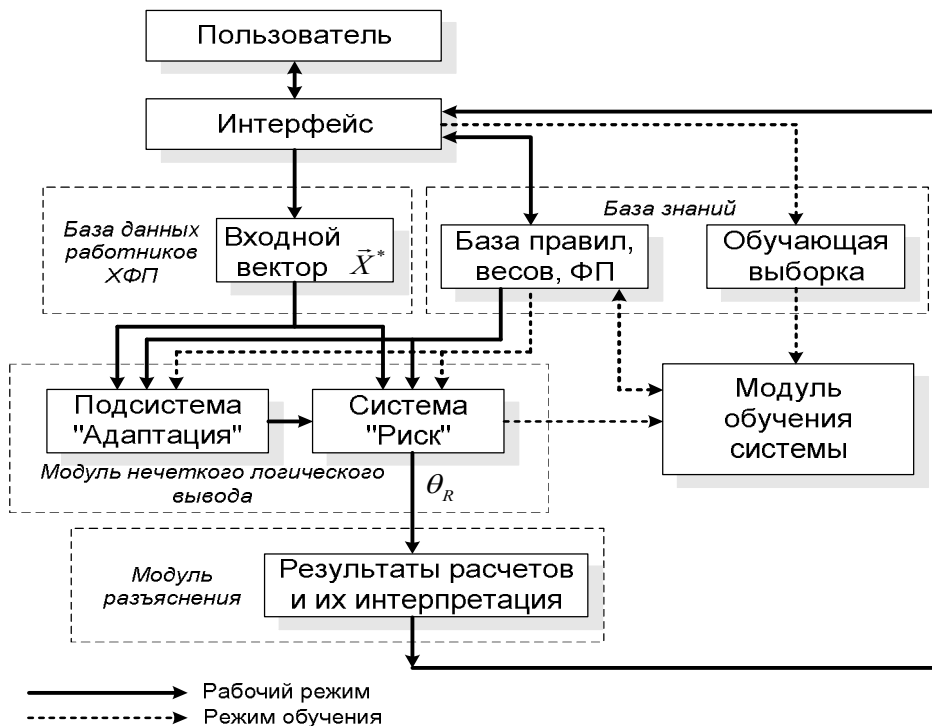


Рис. 1. Структурная схема НЭС оценки риска развития ПОЗ

На основе полученной структуры разработано соответствующее программное обеспечение НЭС оценки риска развития ПОЗ.

В [7] дано описание НЭС прогноза риска развития ПОЗ у рабочих ХФП на основе выявленных ФР.

Результатом работы построенной НЭС являются индивидуальные оценки  $\theta_R$  риска развития ПОЗ – дефазифицированные значения выходной лингвистической переменной  $\tilde{X}_0$ . Множество оценок  $\theta_R$ , полученное по обучающей выборке, исследовалось с

помощью нечеткого кластерного анализа. По методу с-средних были получены значения центров  $\theta_R^{(p)}$  кластеров  $\tilde{S}_p$  ( $p = \overline{1,3}$ ), соответствующих различным уровням риска развития ПОЗ, а также  $\mu_p$  – степени принадлежности количественной оценки  $\theta_R$  кластеру  $\tilde{S}_p$  для рабочего  $A_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ).

При тестировании для каждого рабочего  $A_i$  система определяет на момент обследования  $t = t_0$  оценку  $\theta_R$ , зависящую от наличия тех или иных индивидуальных и групповых ФР развития ПОЗ, а также уровня адаптированности к вредным условиям труда. Это, в свою очередь, дает возможности построить индивидуальные кривые динамики риска  $L_i$ , задающие некоторую функциональную зависимость  $\theta_R$  от стажа  $t$ . Анализ динамики показателя  $\theta_R$  по индивидуальной кривой  $L_i$  риска позволяет установить критический стаж в развитии ПОЗ для рабочего  $A_i$ .

Если  $\theta_R \geq \theta_R^{(1)}$ , где  $\theta_R^{(1)}$  – центр кластера  $\tilde{S}_1$ , соответствующего высокому уровню риска развития ПОЗ, то степень принадлежности  $\mu_1$  текущего значения  $\theta_R$  высокому уровню риска для обследованного рабочего  $A_i$  равна единице (рис. 2).

В процессе работы на предприятии ХФП у рабочего  $A_i$  могут быть изменены условия труда – характер связи места работы с ПВ (градации признака  $X_M = \text{«Место работы»}$ ). Варьирование на входе системы значений признаков  $X_C = \text{«Стаж»}$  и  $X_B = \text{«Возраст»}$  позволяет осуществить моделирование динамики показателя  $\theta_R$  с учетом гипотетических изменений условий труда, которое порождает семейство  $\{L_i^{(q)}\}$  индивидуальных кривых риска ( $q = \overline{1,3}$  – количество градаций признака  $X_M$ ). Анализ этих кривых позволяет оценить для каждого обследуемого  $A_i$  принципиальную возможность понижения риска развития ПОЗ.

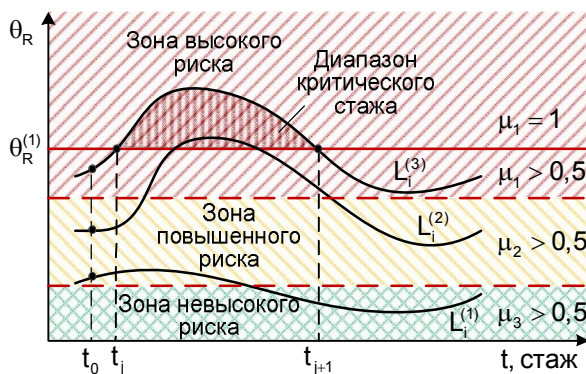


Рис. 2. Индивидуальные кривые динамики оценки риска

Все участки индивидуальных кривых  $\{L_i^{(q)}\}$  динамики риска развития ПОЗ в зависимости от стажа работы  $t$  на ХФП, находящиеся выше прямой  $\theta_R = \theta_R^{(1)}$ , будут соответствовать диапазонам критического стажа в развитии ПОЗ.

Будем говорить, что обследуемый рабочий  $A_i$  попадает в зону *повышенного (высокого) риска*, если степень принадлежности рассчитанной оценки  $\theta_R$  уровню повышенного риска  $\mu_2 > 0,5$  (уровню высокого риска  $\mu_1 > 0,5$ ).

Если для рассчитанной оценки  $\theta_R$  степень принадлежности уровню невысокого риска  $\mu_3 > 0,5$ , то будем говорить, что обследуемый  $A_i$  находится в зоне *невысокого риска*.

Оценка возможности понижения риска развития ПОЗ обследованного рабочего  $A_i$  проводилась по следующему алгоритму (рис. 3).

1. В анализируемом критическом стажном диапазоне для обследованного  $A_i$  рассчитывается значение  $\theta_R$  оценки риска развития ПОЗ при текущем значении признака  $X_M = \text{«Место работы»}$ .

2. Если обследованный  $A_i$  попадает в зону невысокого риска, то в понижении риска нет необходимости.

3. Если обследованный  $A_i$  попадает в зону высокого или повышенного риска, и место его работы связано (градация  $X_M^{(3)}$ ) или отчасти связано (градация  $X_M^{(2)}$ ) с ПВ, то, изменив значение признака  $X_M$  в сторону уменьшения степени связи места работы с ПВ, следует пересчитать значения оценки  $\theta_R$ .

4. Если при вновь рассчитанных значениях оценки  $\theta_R$  обследованный  $A_i$  остается в зоне повышенного или высокого риска, то понизить риск развития ПОЗ невозможно в условиях предприятий химико-фармацевтической промышленности.

5. Если при вновь рассчитанных значениях оценки  $\theta_R$  обследованный  $A_i$  попадает в зону невысокого риска, то снижение риска развития ПОЗ возможно.

Пусть  $L_i^{(3)}$  – индивидуальная кривая, построенная при текущих значениях признака  $X_M$  ( $X_M^{(3)} = \text{«связано»}$  с ПВ). Интервал  $[t_j; t_{j+1}]$  соответствует диапазону критического стажа (см. рис. 2). Участок кривой  $L_i^{(2)}$  на этом интервале соответствует более низким значениям оценки  $\theta_R$ , однако все еще находится в зонах высокого и повышенного риска.

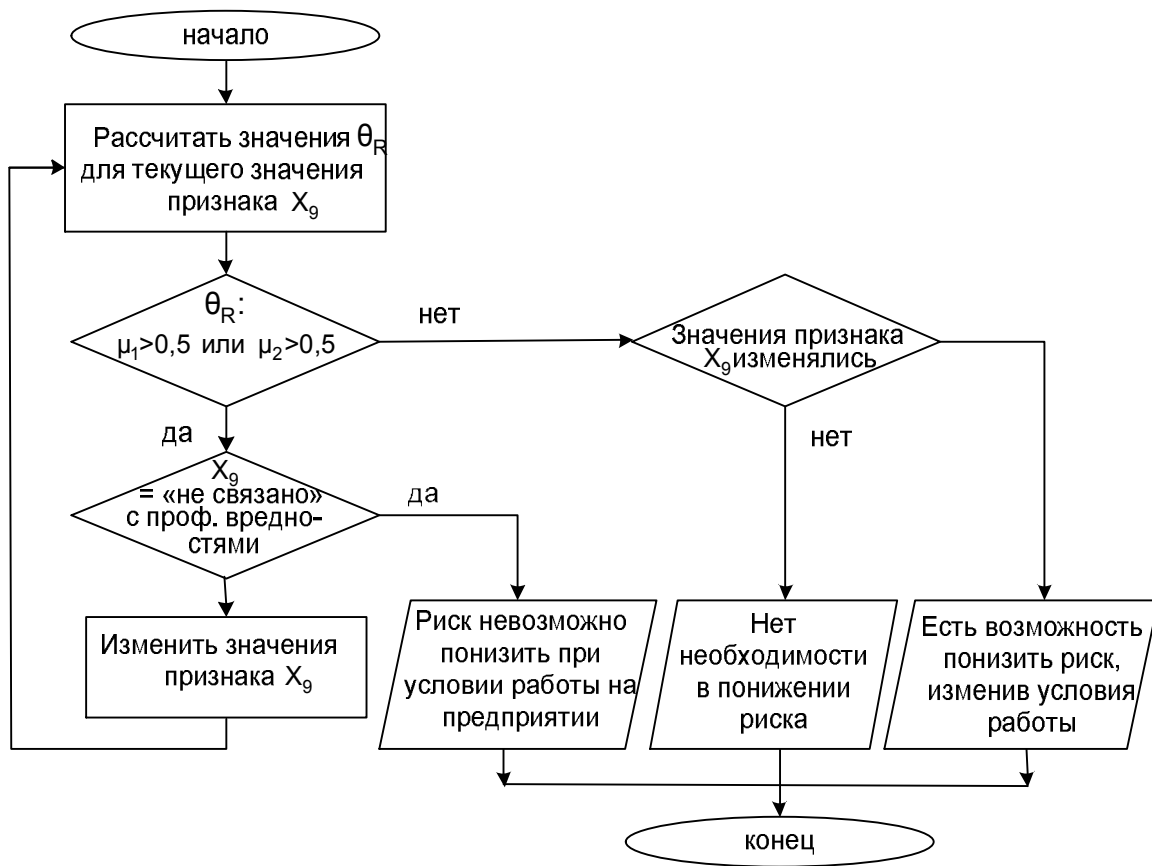


Рис. 3. Порядок оценки возможности снижения риска развития ПОЗ

Участок кривой  $L_1^{(1)}$  попадает в зону повышенного и невысокого риска, что позволяет сделать заключение о возможности снижения риска развития ПОЗ для работника  $A_i$  при переводе его на место работы, не связанное с ПВ (градация  $X_M^{(1)}$ ).

Приведем пример результатов расчета критического стажа обследованных из тестовой выборки при различных значениях признака  $X_M$  = «Место работы».

**№ 136 в базе данных рабочих ХФП:** женщина, упаковщица в ампульном цехе (место работы связано с ПВ), шатенка, нормостеник, группа крови 1 (0), резус-фактор отрицательный, возраст – 29 лет, стаж работы – 6 лет; в анамнезе бытовая аллергия, давность заболевания – 1 год (рис. 4).

На момент обследования (стаж 6 лет) и возникновения аллергического заболевания (АЗ) (стаж 5 лет) наблюдается высокий уровень риска развития ПОЗ ( $\mu_1 = 0,97$ ).

Динамика оценок риска развития ПОЗ при различных значениях признака  $X_M$  для данного примера представлена на рис. 5. На рисунке вертикальной сплошной линией обозначен стаж на момент обследования, вертикальной пунктирной линией – стаж при возникновении АЗ.

Горизонтальными линиями разделены зоны уровней риска развития профессионально обусловленных заболеваний. Анализ рисунка показывает, что с увеличением стажа работы возможны повышения уровня риска ПОЗ при стаже 8–10, 16–18 и более 25 лет, в течение которых возможны рецидивы АЗ.

При стаже более 20 лет возможно снижение уровня риска развития профессионально обусловленных заболеваний при изменении значения признака  $X_M$ .

В табл. 1 представлены рассчитанные значения оценок  $\theta_R$  для стажа работы на момент обследования при различных значениях признака  $X_M$ , значения ФП  $\mu_j$  ( $j = \overline{1,3}$ ) полученных значений ранее определенным уровням риска, а также аналогичные расчеты для стажа работы на момент возникновения АЗ.

По результатам разработки выполнена тестовая проверка системы на рабочей базе данных, которая была поделена на обучающую и тестовую выборки. Получено около 82% адекватных оценок риска развития профессионально обусловленных аллергодерматозов по сравнению с оценками экспертов, что свидетельствует об эффективности работы построенной системы.

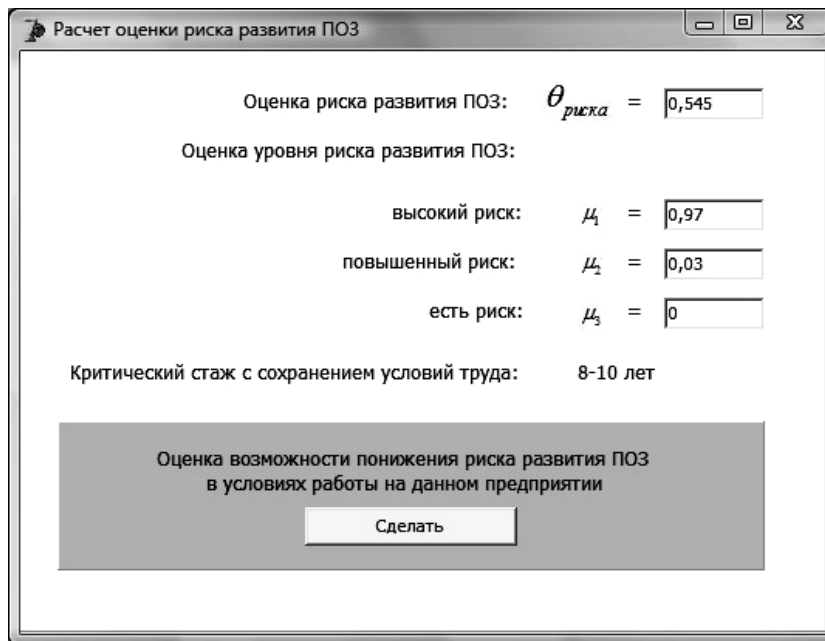


Рис. 4. Окно вывода «Расчет оценки риска развития ПОЗ»

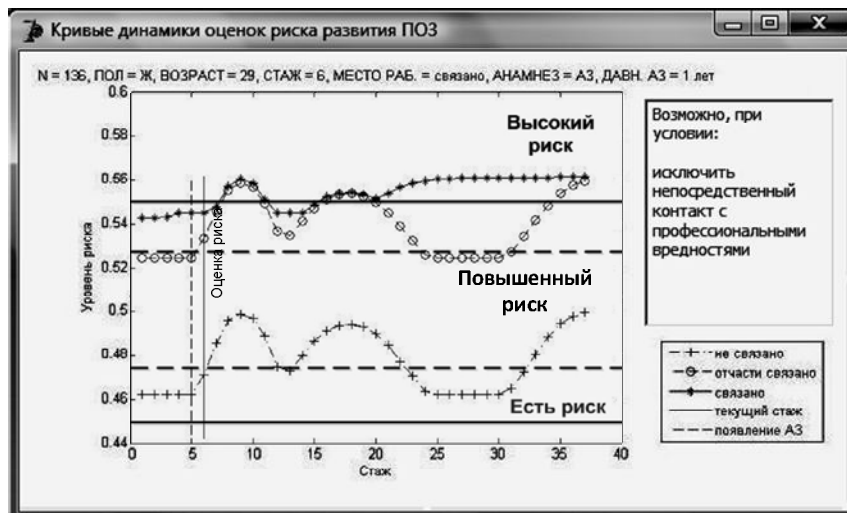


Рис. 5. Окно вывода кривых динамики оценок риска развития ПОЗ при различных значениях признака  $X_M$

Таблица 1

Расчет степеней принадлежности полученных оценок уровням риска развития ПОЗ при различных условиях работы

Стаж работы на ХФП	Значение признака $X_M$ «Место работы»	Значение оценки риска $\theta_R$	Степень принадлежности уровням риска $X_0^{(i)}$		
			Высокий, $\mu_1$	Повышенный, $\mu_2$	Невысокий, $\mu_3$
6 лет	Не связано	0,476	0	0,399	0,601
	Отчасти связано	0,536	0,961	0,039	0
	*Связано	0,545	0,970	0,030	0
Возникновение АЗ при стаже 5 лет	Связано	0,545	0,970	0,030	0

\* – значение признака  $X_M$  на момент обследования

## Выводы

Предложенный метод определения критического стажа в развитии профессионально обусловленных заболеваний и алгоритм оценки возможности снижения уровня риска в условиях вредного производства, реализованные в НЭС оценки риска развития ПОЗ, дают возможность использовать полученную информацию в качестве рекомендаций по мерам профилактики профзаболеваний при проведении профилактических осмотров, а также при заключении медицинского страхового полиса на предприятии.

**Направление дальнейших исследований.** Результаты настоящих исследований могут быть использованы также для оценки риска развития широкого круга профессиональных заболеваний, таких как вибрационная болезнь, нейро-сенсорная тугоухость, силикозы, пылевые хронические бронхиты и др.

## Список литературы

1. Кундієв Ю.І. Професійна захворюваність в Україні. Соціально-економічний та гігієнічний аспекти / Ю.І. Кундієв, А.М. Нагорна // Вісник НАН України, 2003. – № 3. – С. 20-28.
2. Солошенко Э.Н. Определение факторов риска развития аллергодерматозов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности с помощью математических методов / Э.Н. Солошенко, Н.А. Чикина // Тезисы докладов научно-практической конференции «Метагигиена-93», 1993. – С. 137-138.
3. Флетчер Р. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. – М.: Медиа Сфера, 3-е изд., 2004. – 352 с.

4. Чикина Н.А. Изучение влияния внутренних факторов риска на развитие аллергодерматозов у рабочих химико-фармацевтических предприятий / Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – №19. – С. 195-200.

5. Чикина Н.А. Прогноз развития профессионально обусловленных заболеваний с помощью дискриминантного анализа / Н.А. Чикина, Ю.Л. Геворкян, А.И. Поворознюк, И.В. Антонова // Системы обработки информации. – Х.: ХУВС, 2010. – Вып. 1(82). – С. 200-203.

6. Чикина Н.А. Математические модели адапционных процессов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности / Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Информационные технологии и компьютерная инженерия. – Винница: ВНТУ, 2009. – № 2 (15). – С. 45-50.

7. Поворознюк А.И. Нечеткая экспертная система прогноза риска развития профессионально обусловленных заболеваний / А.И. Поворознюк, Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – № 31. – С. 127-132.

Поступила в редколлегию 31.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц. А.И. Поворознюк, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОГО СТАЖУ В РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНО ОБУМОВЛЕНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ В УМОВАХ ХІМІКО-ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

І.В. Антонова

У даній статті пропонується метод визначення критичного стажу в розвитку професійно обумовлених алергодерматозів, які розвиваються в умовах шкідливого виробництва. Запропонований алгоритм оцінки можливості зниження ризику розвитку професійно обумовлених захворювань. Описана реалізація методу і алгоритму в експертній системі на основі нечіткої логіки. Запропонований підхід дасть можливість підвищити ефективність проведення профілактичних оглядів, а також може бути використаний при укладенні медичного страхового полісу на підприємстві.

**Ключові слова:** професійно обумовлені захворювання, фактори ризику, оцінка ризику, нечітка експертна система, критичний стаж, оцінка можливості зниження ризику.

## DETERMINATION OF CRITICAL LENGTH OF SERVICE IN DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONALLY CONDITIONED DISEASES IN THE CONDITIONS OF CHEMICAL AND PHARMACEUTICAL PRODUCTION

I.V. Antonova

This paper proposes a method of determination of critical length of service in development of professionally conditioned allergic dermatosis developing in the conditions of harmful production. The algorithm of possibility estimation of risk reduction of development of the professionally conditioned diseases is offered. Realization of method and algorithm in an expert system based on fuzzy logic is described. Proposed approach will give an opportunity to increase efficiency of on-the-spot prophylactic examinations. Also it can be used for the conclusion of medical insurance policy on an enterprise.

**Keywords:** the professionally conditioned diseases, risk factors, risk estimation, fuzzy expert system, critical length of service, possibility estimation of risk reduction.