

# РАЗРАБОТКА СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА ЛЕЧЕНИЯ СУБКЛИНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

**Е. В. Высоцкая**

Кандидат технических наук, профессор  
Кафедра биомедицинской инженерии\*

E-mail: diagnost@kture.kharkov.ua

**Л. И. Рак**

Доктор медицинских наук,  
ведущий научный сотрудник

Отделение педиатрии и реабилитации

ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков

НАМН Украины»

пр. 50-летия ВЛКСМ, 52-а, г. Харьков, Украина, 61153

**О. А. Сватенко\***

\*Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

*У статті запропоновано мережеву модель для вибору терапії при початкових стадіях хронічної серцевої недостатності у підлітків, яка за допомогою експертних суджень дозволяє обґрунтовувати зв'язки ознак з необхідними лікарськими засобами. Використання даної мережевої моделі, що враховує особливості морфофункціональних характеристик серця, дозволить забезпечити підтримку прийняття рішення і сприятиме призначенню оптимального лікування лікарем-кардіологом*

*Ключові слова: мережева модель, хронічна серцева недостатність, підлітки, морфофункціональні характеристики серця, лікування*

*В статье предложена сетевая модель для выбора терапии при начальных стадиях хронической сердечной недостаточности у подростков, которая посредством экспертных суждений позволяет обосновать связи признаков с необходимыми лекарственными препаратами. Использование данной сетевой модели, учитывающей особенности морфофункциональных характеристик сердца, позволит обеспечить поддержку принятия решения и будет способствовать назначению оптимального лечения врачом-кардиологом*

*Ключевые слова: сетевая модель, хроническая сердечная недостаточность, подростки, морфофункциональные характеристики сердца, лечение*

## 1. Введение

Заболевания сердечно-сосудистой системы лидируют во всем мире по распространенности и смертности. Все чаще болезни сердца диагностируют не только у взрослых, но и у детей и подростков, при этом большинство заболеваний взрослых начинаются еще в детском возрасте [1, 2]. Одним из коварных осложнений сердечной патологии является хроническая сердечная недостаточность (ХСН), которая развивается постепенно, и периоду выраженных клинических проявлений предшествует период скрытой миокардиальной, систолической или диастолической дисфункции [3]. Диагноз на этом этапе устанавливается на основании инструментальных (УЗИ сердца, функциональные пробы) или лабораторных исследований (биохимические маркеры ХСН). В отсутствие правильной, патогенетически обоснованной, терапевтической тактики процесс постепенно прогрессирует, снижается физическая активность и трудоспособность пациента, усиливаются его жалобы, появляются клинические признаки (одышка, отеки, аритмия), ухудшается качество жизни, увеличивается вероятность укорочения жизни и опасность внезапной сердечной смерти [4, 5]. Главной задачей кардиологов сегодня является не только лечение тяжелых форм ХСН, но и предупреждение прогрессирования начальных стадий ХСН, разработ-

ка оптимальной тактики терапии именно на ранних этапах ее развития.

## 2. Постановка проблемы

Для назначения эффективного лечения врачу-кардиологу необходимо проанализировать большой набор взаимосвязанных признаков, что существенно усложняет задачу. Различные значения параметров, характеризующие клинические проявления болезни, требуют применения различных лекарственных препаратов. Назначение их выполняется врачом согласно протоколам лечения конкретного заболевания в период его разгара, однако действующие протоколы не предусматривают лечение детей и подростков с систолической и диастолической дисфункцией сердца как ранних стадий ХСН, которая нередко осложняет воспалительные и невоспалительные заболевания сердечно-сосудистой системы. Поэтому на ранних этапах формирования ХСН и при скрытой дисфункции миокарда врач в большей мере действует интуитивно, а успех лечения во многом определяется его квалификацией. Принятие ошибочного решения кардиологом может привести как к неэффективности лечения на уровне действия плацебо, так и к ухудшению состояния больного и прогрессированию ХСН. Поэтому

обеспечение поддержки принятия верного решения при назначении необходимого препарата для лечения субклинических вариантов ХСН у подростков имеет особую важность.

Решение этой проблемы невозможно без анализа причинно-следственных связей. Известны два основных способа анализа причин и следствий. Первый основан на применении традиционной дедуктивной логики. На основании этого подхода имеется возможность множества отдельных заключений [6, 7]. Следовательно, возникает проблема их непротиворечивого обобщения. Решение этой проблемы требует воображения и опыта, так как логика практически не дает инструмента к получению на основе различных заключений интегрированного результата.

Второй способ основан на объединении факторов и критериев в иерархию или сетевую структуру, допускающую наличие зависимостей между элементами [8, 9]. Этот подход, как правило, приводит к результатам, которые хорошо согласуются с действительностью. Многокритериальная логика является тем инструментом, который позволяет рассмотреть проблему в целом (холистический способ) [10]. Это – полезный и незаменимый инструмент анализа влияний в сложных системах.

Отличием сетевых структур от иерархических является то, что компоненты сети, связанные направленными дугами, могут располагаться в произвольном порядке. Кроме того в сетевых задачах компоненты могут рассматриваться как взаимодействующие объекты, которые влияют друг на друга относительно некоторого критерия или свойства более высокого порядка.

Целью работы является разработка сетевой структуры оптимального выбора препарата при лечении заболеваний сердца и начальных стадий ХСН у подростков.

### 3. Основные результаты

При построении обобщенной сети кластеров (компонент) и их элементов, объединяющих все критерии выбора препаратов для лечения ХСН у подростков, выполнили подробное описание рассматриваемой проблемы, а также определили возможные исходы решений. Детально охарактеризовали влияния, которые определяли структуру решения.

Известно, что для лечения начальных стадий ХСН у подростков могут использоваться следующие группы препаратов: ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), бета-блокаторы и кардиометаболические средства, эффективность которых доказана в отношении больных с ХСН.

Из ингибиторов АПФ экспертами были выбраны 3 препарата: эналаприл, каптоприл, лизиноприл, поскольку их применение разрешено в детском возрасте. Из бета-блокаторов – метопролол, карведилол и бисопролол, из метаболических препаратов – тиотриазолин, триметазидин, L-карнитин, т.к. эффективность именно этих лекарств убедительно доказана.

Учитывалась возможность применения всех комбинаций пар препаратов, принадлежащих двум разным группам.

Затем строилась сетевая структура, состоящая из нескольких уровней. На первом уровне располагалась цель. На последующих – критерии и альтернативы. Каждый критерий подразделялся на подкритерии.

При консультации с врачами-экспертами в качестве критериев, составляющих набор  $C_1$ , были взяты 4 показателя  $e_{ki}$ ,  $i=1...4$ , наиболее значимых при выборе групп лекарственных препаратов:  $e_{k1}$  – фракция выброса,  $e_{k2}$  – нарушения ритма,  $e_{k3}$  – воздействие токсических веществ,  $e_{k4}$  – размер левого желудочка.

В качестве альтернатив, составляющих набор  $C_2$ , выступали 3 группы лекарственных препаратов и комбинации из  $e_{ai}$ ,  $i=1...6$ :  $e_{a1}$  – ингибиторы АПФ,  $e_{a2}$  – бета-блокаторы,  $e_{a3}$  – кардиометаболические средства,  $e_{a4}$  – ингибиторы АПФ + бета-блокаторы,  $e_{a5}$  – бета-блокаторы + кардиометаболические средства,  $e_{a6}$  – ингибиторы АПФ + кардиометаболические средства.

Подкритериями, составляющими набор  $C_{ki}$ ,  $i=1...4$ , выступали значения каждого диагностического показателя.

Подкритериями для  $e_{k1}$  являлись:  $e_{k11}$  – <50,  $e_{k12}$  – 51-55,  $e_{k13}$  – 56-61; для  $e_{k2}$ :  $e_{k21}$  – тахикардия,  $e_{k22}$  – аритмия,  $e_{k23}$  – другие,  $e_{k24}$  – отсутствуют; для  $e_{k3}$ :  $e_{k31}$  – есть,  $e_{k32}$  – отсутствует; для  $e_{k4}$ :  $e_{k41}$  – ремоделирование,  $e_{k42}$  – нормальный.

Каждому набору подкритериев  $C_{ki}$  соответствовал набор альтернатив  $C_{ri}$ ,  $i=1...4$ , представленный группами лекарственных препаратов и их комбинациями  $e_{ri}$ ,  $i=1...6$ .

$C_{ri}$  содержали следующие элементы:  $e_{r1}$  – ингибиторы АПФ,  $e_{r2}$  – бета-блокаторы,  $e_{r3}$  – кардиометаболические средства,  $e_{r4}$  – ингибиторы АПФ + бета-блокаторы,  $e_{r5}$  – бета-блокаторы + кардиометаболические средства,  $e_{r6}$  – ингибиторы АПФ + кардиометаболические средства.

Для каждой альтернативы, были выбраны препараты, составляющие наборы  $C_{pi}$ .

Для  $e_{a1}$  были выбраны препараты  $e_{pij}$ ,  $i=1, j=1...3$ :  $e_{p11}$  – эналаприл,  $e_{p12}$  – каптоприл,  $e_{p13}$  – лизиноприл; для  $e_{a2}$ :  $e_{p21}$  – метопролол,  $e_{p22}$  – карведилол,  $e_{p23}$  – бисопролол; для  $e_{a3}$ :  $e_{p31}$  – тиотриазолин,  $e_{p32}$  – триметазидин,  $e_{p33}$  – L-карнитин; для  $e_{a4}$ : эналаприл + метопролол,  $e_{p42}$  – эналаприл + карведилол,  $e_{p43}$  – эналаприл + бисопролол,  $e_{p44}$  – каптоприл + метопролол,  $e_{p45}$  – каптоприл + карведилол,  $e_{p46}$  – каптоприл + бисопролол,  $e_{p47}$  – лизиноприл + метопролол,  $e_{p48}$  – лизиноприл + карведилол,  $e_{p49}$  – лизиноприл + бисопролол; для  $e_{a5}$ :  $e_{p51}$  – метопролол + тиотриазолин,  $e_{p52}$  – метопролол + триметазидин,  $e_{p53}$  – метопролол + L-карнитин,  $e_{p54}$  – метопролол + тиотриазолин,  $e_{p55}$  – метопролол + триметазидин,  $e_{p56}$  – метопролол + L-карнитин,  $e_{p57}$  – бисопролол + тиотриазолин,  $e_{p58}$  – бисопролол + триметазидин,  $e_{p59}$  – бисопролол + L-карнитин; для  $e_{a6}$ :  $e_{p61}$  – эналаприл + тиотриазолин,  $e_{p62}$  – каптоприл + тиотриазолин,  $e_{p63}$  – лизиноприл + тиотриазолин,  $e_{p64}$  – эналаприл + триметазидин,  $e_{p65}$  – каптоприл + триметазидин,  $e_{p66}$  – лизиноприл + триметазидин,  $e_{p67}$  – эналаприл + L-карнитин,  $e_{p68}$  – каптоприл + L-карнитин,  $e_{p69}$  – лизиноприл + L-карнитин.

Каждому набору  $C_{pi}$  соответствовал набор критериев  $C_{ai}$ ,  $i=1...6$ .

$C_{a1}$  содержал следующие элементы  $e_{ajj}$ :  $e_{a11}$  – действие,  $e_{a12}$  – вес.  $C_{a2}$  включал:  $e_{a21}$  – фракция выброса,  $e_{a22}$  – нарушения ритма,  $e_{a23}$  – изменения миокарда,  $e_{a24}$  – диастолическая дисфункция;  $C_{a3}$ :  $e_{a31}$  – изменения миокарда,  $e_{a32}$  – вес,  $e_{a33}$  – физическая нагрузка;  $C_{a4}$ :  $e_{a41}$  – действие,  $e_{a42}$  – вес,  $e_{a43}$  – нарушения ритма,  $e_{a44}$  – изменения миокарда,  $e_{a45}$  – диастолическая дисфункция;  $C_{a5}$  содержал:  $e_{a51}$  – нарушения ритма,  $e_{a52}$  – изменения миокарда,  $e_{a53}$  – диастолическая дисфункция,  $e_{a54}$  – вес,  $e_{a55}$  – физическая нагрузка;  $C_{a6}$ :  $e_{a61}$  – действие,  $e_{a62}$  – вес,  $e_{a63}$  – изменения миокарда,  $e_{a64}$  – физическая нагрузка.

Подкритериями выступали значения каждого диагностического показателя.

Для  $e_{a11}$  подкритериями, составляющими набор  $C_{zij}$ ,  $i=1, j=1$ , являлись:  $e_{3111}$  – медленное,  $e_{3112}$  – быстрое; для  $e_{a12}$ :  $e_{3121}$  – сниженный,  $e_{3122}$  – нормальный,  $e_{3123}$  – избыточный,  $e_{3124}$  – ожирение; для  $e_{a21}$ :  $e_{3211} < 50$ ,  $e_{3212} = 50-55$ ,  $e_{3213} = 55-61$ ; для  $e_{a22}$ :  $e_{3221}$  – тахикардия,  $e_{3222}$  – аритмия,  $e_{3223}$  – другие; для  $e_{a23}$ :  $e_{3231}$  – ишемические,  $e_{3232}$  – дистрофические,  $e_{3233}$  – отсутствуют; для  $e_{a24}$ :  $e_{3241}$  – есть,  $e_{3242}$  – отсутствуют; для  $e_{a31}$ :  $e_{3311}$  – ишемические,  $e_{3312}$  – дистрофические,  $e_{3313}$  – отсутствуют; для  $e_{a32}$ :  $e_{3321}$  – сниженный,  $e_{3322}$  – нормальный,  $e_{3323}$  – избыточный,  $e_{3324}$  – ожирение; для  $e_{a33}$ :  $e_{3331}$  – низкая,  $e_{3332}$  – регулярно высокая,  $e_{3333}$  – отсутствует; для  $e_{a41}$ :  $e_{3411}$  – медленное,  $e_{3412}$  – быстрое; для  $e_{a42}$ :  $e_{3421}$  – сниженный,  $e_{3422}$  – нормальный,  $e_{3423}$  – избыточный,  $e_{3424}$  – ожирение; для  $e_{a43}$ :  $e_{3431}$  – тахикардия,  $e_{3432}$  – аритмия,  $e_{3433}$  – другие; для  $e_{a44}$ :  $e_{3441}$  – ишемические,  $e_{3442}$  – дистрофические,  $e_{3443}$  – отсутствуют; для  $e_{a45}$ :  $e_{3451}$  – есть,  $e_{3452}$  – отсутствуют; для  $e_{a51}$ :  $e_{3511}$  – тахикардия,  $e_{3512}$  – аритмия,  $e_{3513}$  – другие; для  $e_{a52}$ :  $e_{3521}$  – ишемические,  $e_{3522}$  – дистрофические,  $e_{3523}$  – отсутствуют; для  $e_{a53}$ :  $e_{3531}$  – есть,  $e_{3532}$  – отсутствуют; для  $e_{a54}$ :  $e_{3541}$  – снижен-

ный,  $e_{3542}$  – нормальный,  $e_{3543}$  – избыточный,  $e_{3544}$  – ожирение; для  $e_{a55}$ :  $e_{3551}$  – низкая,  $e_{3552}$  – регулярно высокая,  $e_{3553}$  – отсутствует; для  $e_{a61}$ :  $e_{3611}$  – медленное,  $e_{3612}$  – быстрое; для  $e_{a62}$ :  $e_{3621}$  – сниженный,  $e_{3622}$  – нормальный,  $e_{3623}$  – избыточный,  $e_{3624}$  – ожирение; для  $e_{a63}$ :  $e_{3631}$  – ишемические,  $e_{3632}$  – дистрофические,  $e_{3633}$  – отсутствуют; для  $e_{a64}$ :  $e_{3641}$  – низкая,  $e_{3642}$  – регулярно высокая,  $e_{3643}$  – отсутствует.

Каждому набору подкритериев  $C_{zij}$  соответствовал набор альтернатив  $C_{ппij}$ , представленный лекарственными препаратами.  $C_{ппij}$  содержали следующие элементы  $e_{ппijk}$ :  $e_{пп1j1}$  – эналаприл,  $e_{пп1j2}$  – каптоприл,  $e_{пп1j3}$  – лизиноприл;  $C_{пп2j}$ :  $e_{пп2j1}$  – метопролол,  $e_{пп2j2}$  – карведилол,  $e_{пп2j3}$  – бисопролол.  $C_{пп3j}$ :  $e_{пп3j1}$  – тиотриазолин,  $e_{пп3j2}$  – триметазидин,  $e_{пп3j3}$  – L-карнитин;  $C_{пп4j}$ :  $e_{пп4j1}$  – эналаприл + метопролол,  $e_{пп4j2}$  – эналаприл + карведилол,  $e_{пп4j3}$  – эналаприл + бисопролол,  $e_{пп4j4}$  – каптоприл + метопролол,  $e_{пп4j5}$  – каптоприл + карведилол,  $e_{пп4j6}$  – каптоприл + бисопролол,  $e_{пп4j7}$  – лизиноприл + метопролол,  $e_{пп4j8}$  – лизиноприл + карведилол,  $e_{пп4j9}$  – лизиноприл + бисопролол;  $C_{пп5j}$ :  $e_{пп5j1}$  – метопролол + тиотриазолин,  $e_{пп5j2}$  – метопролол + триметазидин,  $e_{пп5j3}$  – метопролол + L-карнитин,  $e_{пп5j4}$  – метопролол + тиотриазолин,  $e_{пп5j5}$  – метопролол + триметазидин,  $e_{пп5j6}$  – метопролол + L-карнитин,  $e_{пп5j7}$  – бисопролол + тиотриазолин,  $e_{пп5j8}$  – бисопролол + триметазидин,  $e_{пп5j9}$  – бисопролол + L-карнитин;  $C_{пп6j}$ :  $e_{пп6j1}$  – эналаприл + тиотриазолин,  $e_{пп6j2}$  – каптоприл + тиотриазолин,  $e_{пп6j3}$  – лизиноприл + тиотриазолин,  $e_{пп6j4}$  – эналаприл + триметазидин,  $e_{пп6j5}$  – каптоприл + триметазидин,  $e_{пп6j6}$  – лизиноприл + триметазидин,  $e_{пп6j7}$  – эналаприл + L-карнитин,  $e_{пп6j8}$  – каптоприл + L-карнитин,  $e_{пп6j9}$  – лизиноприл + L-карнитин.

Сетевая модель выбора оптимальных препаратов для лечения ХСН у подростков представлена на рис. 1.

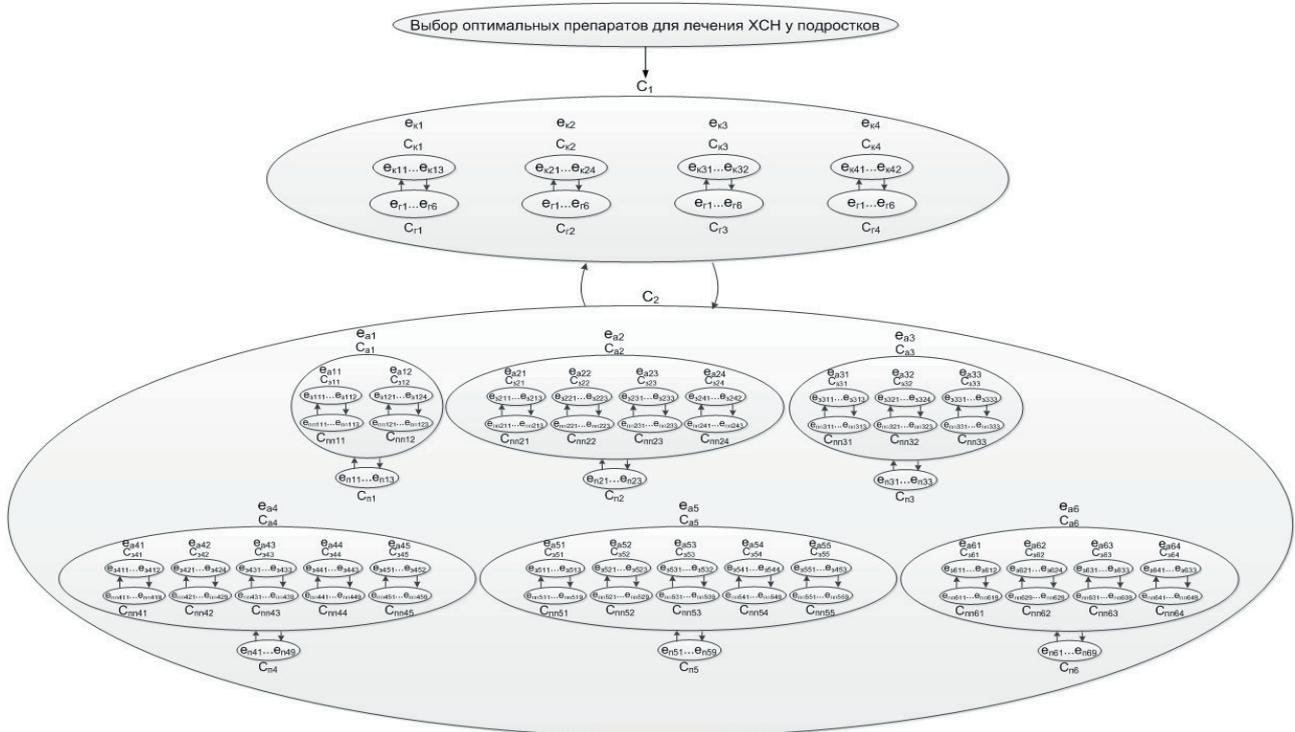


Рис. 1. Сетевая модель выбора оптимальных препаратов для лечения ХСН у подростков

#### 4. Выводы

Разработана сетевая модель выбора препаратов для лечения подростков с патологией сердечной-сосудистой системы и начальными стадиями ХСН с учетом

особенностей морфофункциональных характеристик сердца.

Применение данной модели позволит обеспечить поддержку принятия решения, необходимую практикующим врачам-кардиологам.

#### Литература

1. Кржечковская, В. В. Заболевания сердечно-сосудистой системы детей и подростков [Текст] / В. В. Кржечковская, Р. Ш. Вахтангишвили. – М.: Феникс, 2006. – 508 с.
2. Подростковая медицина [Текст] / под ред. Л. И. Левиной, А. М. Куликова. – СПб.: Питер, 2006. – 544 с.
3. Гуревич, М. А. Хроническая сердечная недостаточность: руководство для врачей [Текст] / М. А. Гуревич. – М.: Практическая медицина, 2008. – 414 с.
4. Воронков, Л. Г. Первичная профилактика сердечной недостаточности – один из приоритетов современной кардиологии [Текст] / Л. Г. Воронков. // Укр. кардіол. журнал. – 2004. – № 4. – С. 9-13.
5. Bleumink, G. S. Quantifying the heart failure epidemic: prevalence, incidence rate, lifetime risk and prognosis of heart failure – the Rotterdam Study [Текст] / G. S. Bleumink, A. M. Knetsch, M. C. J. M. Sturkenboom et al. // European Heart Journal. – 2004. – № 18. – pp. 1614-1619.
6. Минто, В. Индуктивная и дедуктивная логика [Текст]: пер. с англ. – М. С. Модель; 2-е изд. – М.: КомКнига, 2010. – 250 с.
7. Кириллов, В. И. Логика [Текст] / В. И. Кириллов, А. А. Старченко. – 6-е изд. – М.: Проспект, 2008. – 240 с.
8. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / пер. с англ. – Р. Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
9. Саати, Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети [Текст]: пер. с англ. / Т. Л. Саати. – О. Н. Андрейчикова. – М.: ЛКИ, 2008. – 360 с.
10. Ногин, В. Д. Принятие решений при многих критериях [Текст]: учеб.-метод. пособие / В. Д. Ногин. – СПб.: ЮТАС, 2007. – 104 с.

*Запропоновано метод прогнозування ризику виробів медичної техніки за показниками безпеки на основі нечіткої обробки вимірювальної інформації, який забезпечує підвищення достовірності оцінки ризику в умовах наявності невизначеності лінгвістичної природи на етапах проектування та експлуатації*

*Ключові слова: прогнозування ризику, виробу медичної техніки, показники безпеки, нечітка модель, достовірність оцінки*

*Предложен метод прогнозирования риска изделий медицинской техники по показателям безопасности на основе нечеткой обработки измерительной информации, который обеспечивает повышение достоверности оценки риска в условиях наличия неопределенности лингвистической природы на этапах проектирования и эксплуатации*

*Ключевые слова: прогнозирование риска, изделия медицинской техники, показатели безопасности, нечеткая модель, достоверность оценки*

УДК 004.942:614.8.084

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

**А. А. Поликарпов**

Заместитель начальника отдела

Отдел испытаний

Научно - технический испытательный центр

НТИЦ «УкрТЕСТ»

ДП «Укрметртестстандарт»

ул. Метрологическая, 4, г. Киев, Украина, 03680

E-mail: sertmedtech@rambler.ru

#### 1. Введение

Основным показателем качества изделий медицинской техники (ИМТ) является безопасность, опреде-

ляемая как отсутствие недопустимого уровня риска возникновения опасных ситуаций [1]. Для обеспечения безопасности применяется процесс управления риском на всех этапах жизненного цикла ИМТ. Необ-