

УДК 681.51:303

doi:10.18720/SPBPU/2/id23-76

*Лукьянова Людмила Михайловна*¹,
профессор, д-р техн. наук;
*Лукьянова Наталия Юрьевна*²,
доцент, канд. экон. наук, доцент

**ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЧЕЛОВЕКО-КОМПЬЮТЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

^{1, 2} Россия, Калининград, Балтийский федеральный университет
имени И. Канта,

¹ LLukyanova@kantiana.ru; ² NLukyanova@kantiana.ru

Аннотация. Обсуждается проблема эффективности человеко-компьютерного взаимодействия в автоматизированных информационных системах. Рассматривается подход к оценке эффективности действий человека в таком взаимодействии и две группы частных показателей этого интегративного свойства — работоспособность и степень утомления. Приводятся результаты оценивания уровня работоспособности и степени утомления с помощью встраиваемого в автоматизированное рабочее место программного средства контроля и анализа данных показателей.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, человеко-компьютерное взаимодействие, показатели эффективности деятельности.

*Lyudmila M. Lukyanova*¹,
Professor, Doctor of Technical Sciences;

*Natalia Yu. Lukyanova*²,
Associate Professor, Candidate of Economic Sciences

THE PROBLEM OF EFFICIENCY OF MAN-COMPUTER INTERACTION IN AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS

^{1,2} I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,

¹ LLukyanova@kantiana.ru; ² NLukyanova@kantiana.ru

Abstract. The problem of efficiency of human-computer interaction in automated information systems is discussed. An approach to assessing the effectiveness of human actions in such an interaction and two groups of particular indicators of this integrative property — working capacity and degree of fatigue are considered. The results of evaluating the level of working capacity and the degree of fatigue with the help of a software tool for monitoring and analyzing these indicators, which are built into the automated workplace, are presented.

Keywords: automated information system, human-computer interaction, performance indicators.

Введение

Информационное общество предполагает тотальную автоматизацию всех информационных процессов, необходимых и достаточных для поддержания допустимого качества окружающей среды и обеспечения эффективной жизнедеятельности своих членов и всех классов их деятельности (познавательной, преобразовательной, коммуникационной, ценностно-ориентационной). Важный атрибут жизни и деятельности информационного общества — компьютеры.

Автоматизированным информационным системам (АИС) требуются интерфейсы человеко-компьютерного взаимодействия. Все ускоряющийся «цифровой» мир сталкивается с их недостаточной эффективностью. Даже в случае превосходных значений ряда показателей аппаратно-программно-информационного комплекса (АПИК) АИС и требуемой результативности человека, его деятельность в условиях АИС не всегда оказывается эффективной. Основная причина такого положения дел — низкая эффективность человеко-компьютерных взаимодействий.

Снижение уровня эффективности ответных действий человека проявляется в увеличении времени его ответов, снижении пропускной способности и быстродействия, сужении качества внимания, увеличении числа ошибок, ухудшении зрения, появлении разного рода застойных явлений в организме, нарушении опорно-двигательного аппарата, накоплении утомления, приводящего к синдрому хронической усталости и снижению иммунитета.

Практически непрерывное в течение рабочего дня человеко-компьютерное взаимодействие в одной или в нескольких АИС требует системного исследования АИС [1] с использованием средств других научных направлений и дисциплин, в их числе теория систем и системный анализ, теория деятельности и теория функциональных систем, инженерная психология и эргономика, проектирование интерфейсов человеко-компьютерного взаимодействия и самих АИС.

Однако, как можно судить по доступным источникам информации, системным исследованиям эффективности деятельности и разработке методик проектирования человеко-компьютерного взаимодействия в АИС уделяется мало внимания.

В статье изложен подход к контролю и анализу уровня эффективности действий человека в человеко-компьютерном взаимодействии, который использован в разработке программного средства оценивания указанной эффективности, а также результаты применения данного средства в лабораторном практикуме.

1. Анализ подходов к определению эффективности человеко-машинного взаимодействия

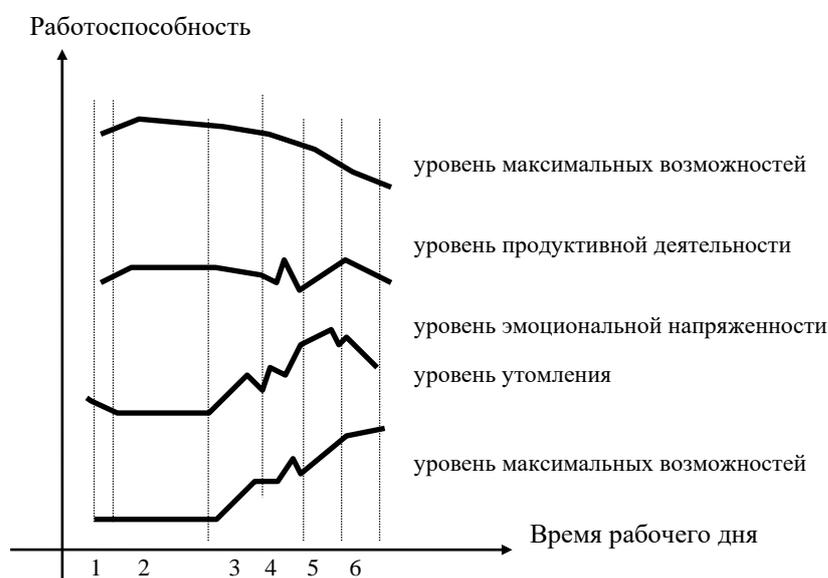
Рассмотрим вначале соотношение деятельности и действия и их виды, которые должны быть использованы в человеко-компьютерном взаимодействии. *Деятельность* направлена на достижение емких конечных целей, а *действия* (элементы деятельности) — на достижение меньших целей, в том числе начальных. Человек действует: *целеустремленно* (реализуя действие по осуществлению результата, представляющего для него ценность и намеченного его собственной целью); *целенаправленно* (реализуя действие по осуществлению результата, представляющего ценность для другого лица и намеченного целью этого лица); *целесообразно* (реализуя действие без выдвижения какой-либо цели, во всяком случае осознанной («ритуальное поведение»)). (Исправный) компьютер действует лишь *целенаправленно* (реализуя действие по осуществлению результата, намеченного целью использующего компьютер человека и представляющего для него ценность).

Сегодня частные показатели исследуемой эффективности определены только для целенаправленной деятельности: результативность, ресурсоемкость, оперативность [2]. Предложенные новые подходы к их определению, основывающиеся на схожих принципах и пересекающихся группах частных показателей эффективности (например, Key Performance Indicators) [3, 4], также не охватывают целеустремленную деятельность. К тому же, и по другим причинам они не нашли широкого применения. Не противореча их общим совместно с [2] положениям, под эффективностью действий человека в человеко-компьютерном взаимо-

действии в АИС будем понимать свойство, зависящее от двух таких взаимосвязанных интегративных свойств, оцениваемых частными показателями, как:

1) работоспособность, оцениваемая с помощью временных, скоростных, точностных и надежностных показателей (динамика возможных уровней данного свойства в течение рабочего дня проиллюстрирована на рисунке 1, заимствованном из [5]);

2) степень утомления (расход психофизиологических ресурсов, определяемый с помощью комплекса психометрических методик [5, 6], оценивающих характеристики восприятия, обработки информации, а также памяти: сенсорной, кратковременной (вербально-акустической), долговременной (семантической)).



- 1 – период вработываемости;
- 2 – период оптимальной работоспособности;
- 3 – период полной компенсации;
- 4 – период неустойчивой компенсации;
- 5 – конечный порыв;
- 6 – прогрессирующее снижение продуктивности.

Рис. 1. Динамика работоспособности человека. Источник: [5]

Отметим, что жесткие требования к временным характеристикам человека ведут к большому расходу психических ресурсов, сильному утомлению и, как следствие, к снижению уровня работоспособности: увеличению времени реакции; уменьшению пропускной способности; сужению объема внимания; затруднению запоминания и сохранения информации, извлечения знаний из памяти. Поэтому в течение рабочего дня целесообразно оценивать и анализировать уровень работоспособности и степень утомления не менее трех раз.

2. Разработка программного решения

Для тестирования указанных частных показателей человека разработано (под руководством одного из авторов статьи) встраиваемое в автоматизированное рабочее место программное средство «Эффективность». Средство контролирует динамику изменения значений частных показателей, а при их приближении к пороговым, вырабатывает рекомендации, следование которым позволяет предупредить нежелательный тренд и снизить расход психофизиологических ресурсов, а в итоге — обеспечить достаточную эффективность действий человека.

Заметим, что в настоящее время не существует адекватных моделей переработки человеком всех возможных форм сообщений от АПИК АИС. Нет и единой гипотезы о структуре памяти человека и механизмов работы с нею. В этой связи наиболее подходят модели, ориентированные на контроль тех механизмов, которые, влияя на эффективность деятельности, испытывают наибольшую нагрузку при ее реализации.

Программное средство «Эффективность» ориентировано на человека, перерабатывающего преимущественно буквенно-цифровые сообщения. Контроль уровня и динамики работоспособности осуществляется до четырех раз за рабочий день. При этом измеряются временные/скоростные/точностные/надежностные характеристики сенсомоторных реакций, элементарного кодирования (цифрой — фигуру, экранное окно, акустический сигнал), принятия элементарного дедуктивного решения. Контроль уровня и динамики утомления осуществляется дважды в начале и в конце рабочего периода с использованием до шести психометрических методик [5]: «Поиск сигнала в шуме», «Опознание», «Полное воспроизведение», «Определение отсутствующего знака», «Составление слов», «Воспроизведение буквосочетаний».

В методиках использована модель переработки человеком буквенно-цифровых сообщений, включающая: сенсорную память (СП), характеризующуюся объемом (числом знаков, воспроизводимых немедленно после их однократного предъявления) и временем сохранения знаков (до секунды): иконическую СП при зрительном восприятии, эхоическую СП — при слуховом восприятии; кратковременную вербально-акустическую память (ВАП), характеризующуюся хранением 7 ± 2 оперативных единиц восприятия (семантически целостные образования) в течение десятков секунд, минут и даже часов; долговременную семантическую память (СемП); механизм перевода из СП в ВАП путем кодирования элементов СП (отдельных знаков) в словесно-акустическую форму и частичного осмысления «машинного» стимула на основе СемП; механизм повторения «машинного» стимула, обеспечивающий с помощью СемП установление его смысла (информационный вход человека) и выработку, совместно с механизмом активных преобразований полученной информации, ответа (моторный выход человека).

Результаты автоматизированного оценивания работоспособности (по временным характеристикам) и утомления студента (по проценту правильных ответов (ППО) при тестировании по методикам «Поиск сигнала в шуме» и «Опознание» [6]) в процессе выполнении четырехчасовой лабораторной работы «Исследование временных характеристик человеко-компьютерного взаимодействия в АИС» по дисциплине «Человеко-машинное взаимодействие» приведены в приложении. Процент правильных ответов до начала основных экспериментов (Приложение, рис. П1 и рис. П2) показывает практически нулевое значение утомления. Анализ результатов основных экспериментов показал допустимую динамику увеличения времени ответов оператора (Приложение, рис. П3–П6). По завершению работы (Приложение, рис. П7 и рис. П8) процент правильных ответов изменился во 2–4-й позициях (перевернутые V-образные кривые), но также находится в допустимых пределах [5], так что анализируемая деятельность может быть охарактеризована как продуктивная и, следовательно, достаточно эффективная (см. рис. 1).

Графические результаты автоматизированного оценивания эффективности действий человека в АИС приведены в приложении.

Выводы

Программное средство «Эффективность», обеспечивает оценку уровней работоспособности и утомления человека, контроль и анализ изменения значений соответствующих показателей в течение рабочего дня и выработку рекомендаций, следование которым позволяет снизить расход психофизиологических ресурсов, способствует повышению эффективности деятельности в условиях автоматизированных информационных систем. В настоящее время авторы предпринимают попытки расширения возможностей данного средства за счет учета целеустремленной составляющей деятельности и моделей обработки человеком других форм представления данных/знаний.

Список литературы

1. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ: Практическое пособие в 7 кн. / В.М. Гасов, Л. А. Соломонов; Под ред. В.Н. Четверикова. Кн. 7. Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами. – М.: Высш. шк., 1991. – 142 с.
2. Понятие эффективности деятельности организации. – URL: <http://be5.biz/ekonomika/o003/45.html> (дата обращения: 07.11.2022).
3. Показатели эффективности деятельности организации: критерии и оценка. URL: <https://www.kom-dir.ru/article/1457-pokazateli-effektivnosti-deyatelnosti> (дата обращения: 07.11.2022).
4. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – М.: МО СССР, 1989. Ч. 1: Методология, методы, модели. – 660 с.

5. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1984. – 200 с.

6. Лукьянова Л.М. Человекомашинное взаимодействие: Инженерно-психологическое проектирование интерфейса человекомашинного взаимодействия в автоматизированных информационных системах: уч. пособие. – Калининград: КГТУ, 2018. – 80 с.

Приложение

Результаты автоматизированной оценки уровня эффективности действий человека в человеко-компьютерном взаимодействии

Примеры двух (из шести) видеogramм с результатами оценивания процентов правильных ответов (ППО), характеризующими уровень утомления человека в начале рабочего периода представлен на рис. П1 и рис. П2.

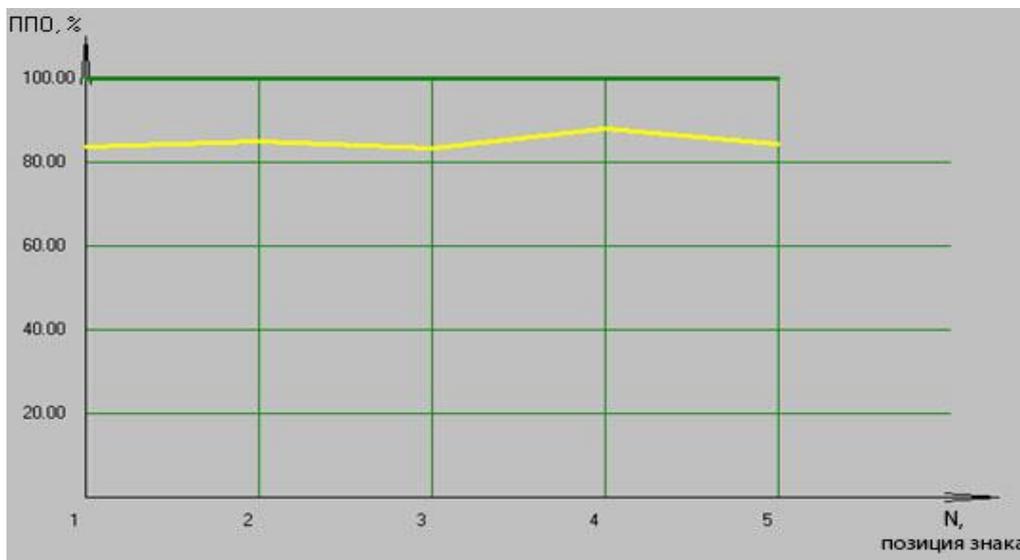


Рис. П1. Результат начального замера по методике «Поиск сигнала в шуме»

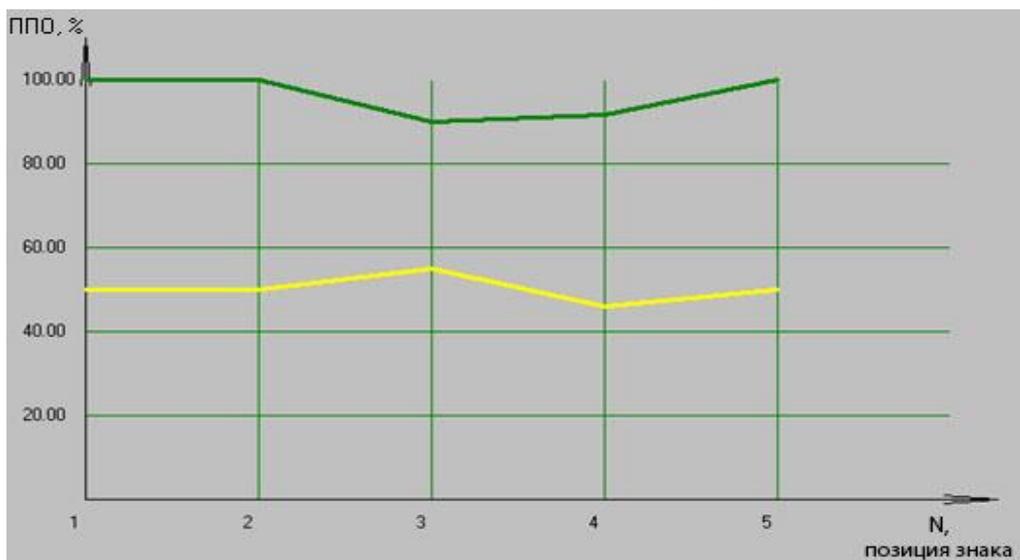


Рис. П2. Результат начального замера по методике «Опознание»

Примеры четырех (из десяти) видеogramм с результатами оценки временных показателей человека (рис. ПЗ–П6). Используемые условные обозначения: T — цикл сенсомоторной реакции; t_1 — время формирования АПИК АИС выходного сообщения;

$t_{2.1}$ — время обнаружения человеком выходного сообщения; $t_{2.2}$ — время идентификации и интерпретации человеком номера окна; $t_{2.3}$ — время идентификации и интерпретации человеком знака/фигуры;

$t_{код}$ — время кодирования человеком выведенной на экран фигуры;

$t_{3.1}$ — время ввода человеком номера окна; $t_{3.2}$ — время ввода человеком знака;

t_4 — время обработки АПИК АИС входного сообщения человека;

Y — среднее время; Y_{min}/Y_{max} — его минимальное/максимальное значение.

Примеры двух видеogramм (из шести) с результатами оценивания ППО, характеризующими уровень утомления человека в конце рабочего периода (рис. П7, П8).



Рис. ПЗ. Ввод цифр из множества {1, 2, 3}.

$$Y_{min} = 0.02375; Y_{max} = 0.046; Y = 0.034875; T = t_1 + t_{2.1} + t_{2.3} + t_{3.2} + t_4$$



Рис. П4. Ввод букв из множества {a, b, c}.

$$Y_{min} = 0.021; Y_{max} = 0.044; Y = 0.0325; T = t_1 + t_{2.1} + t_{2.3} + t_{3.2} + t_4$$

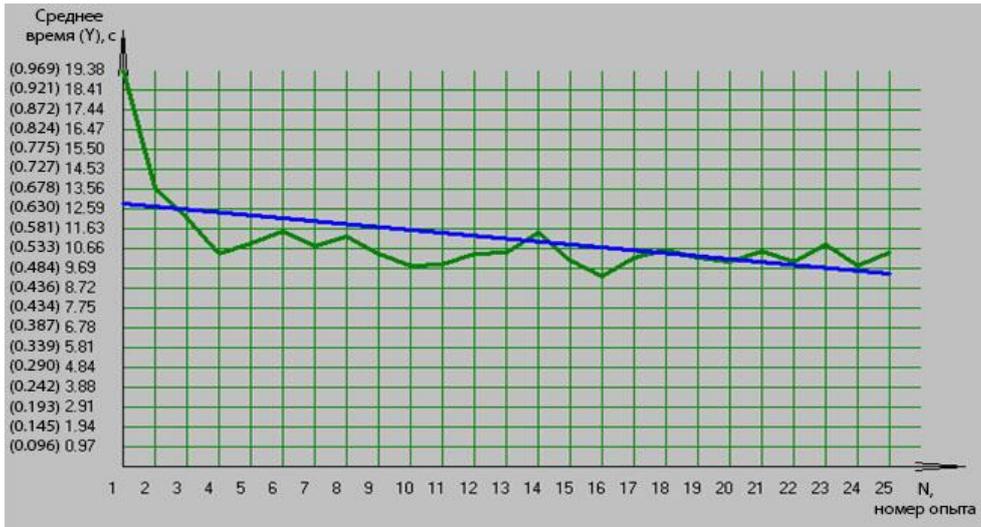


Рис. П5. Ввод фигур из множества {квадрат, треугольник, круг}.
 $Y_{\min} = 0.472$; $Y_{\max} = 0.969$; $Y = 0.6$; $t_{\text{код}} = 0.6 - 0.034875 = 0.565125$;
 $T = t_1 + t_{2,1} + t_{2,3} + t_{\text{код}} + t_{3,2} + t_4$

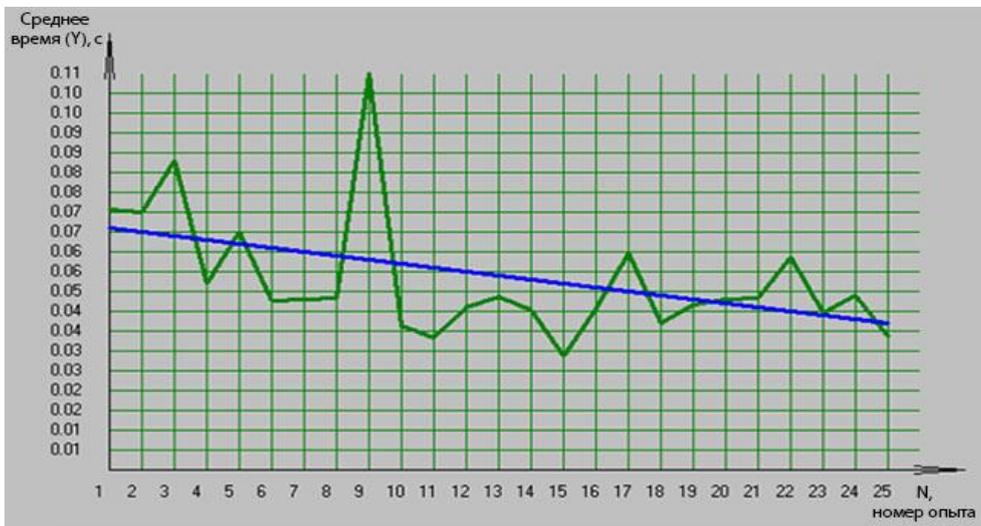


Рис. П6. Ввод цифр из множества {1, 2, 3} в окнах из множества {1, 2, 3, 4}.
 $Y_{\min} = 0.035$; $Y_{\max} = 0.11$; $Y = 0.0725$; $T = t_1 + t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} + t_{3,1} + t_4$

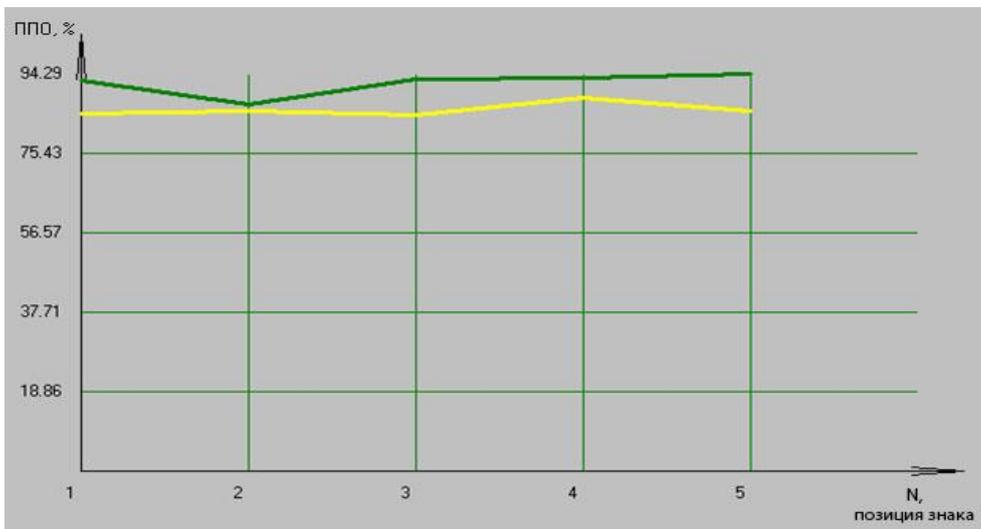


Рис. П7. Результат конечного замера по методике «Поиск сигнала в шуме»

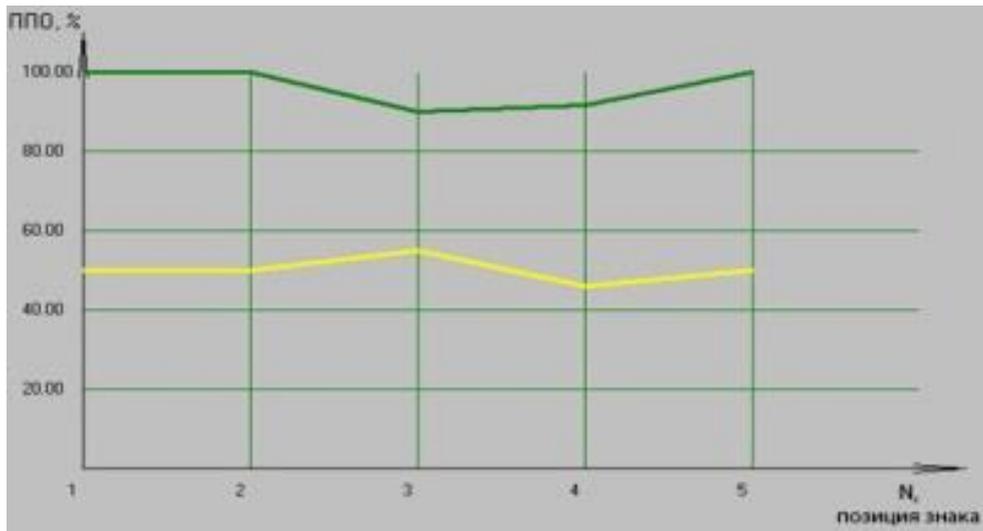


Рис. П8. Результат конечного замера по методике «Опознание»