

# ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ. ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ, ПЕРЕДАЧА И АНАЛИЗ ДАННЫХ

УДК 519.248

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В РЕГИОНАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТА ANYLOGIC 7

А.А. Богданов, А.А. Любченко

*Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Россия*

**Аннотация** – В настоящее время повышение конкурентоспособности и эффективности, а также увеличение потенциала и возможностей железнодорожной транспортной сети Российской Федерации является актуальной задачей, достижение которой возможно лишь при значительных материальных вложениях. Следовательно, ошибочные действия при принятии управленческих решений, связанных с модернизацией, являются недопустимыми. Современные компьютерные технологии позволяют помочь в принятии правильного решения, тем самым уменьшают риски модернизации. Однако, это возможно лишь при разработке специализированных программных средств анализа. В работе представлена модель эксплуатации технических средств в региональном центре связи, реализованная с помощью отечественного инструмента имитационного моделирования AnyLogic 7. Модель построена с применением дискретно-событийного подхода и позволяет дать оценку показателю качества технического обслуживания и коэффициента готовности средств связи в зависимости от набора входных параметров.

**Ключевые слова:** коэффициент готовности, региональный центр связи, имитационная модель, дискретно-событийный подход, AnyLogic.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожная отрасль является важным стратегическим ресурсом страны, поэтому её развитие и совершенствование объектов инфраструктуры является актуальной задачей. Любой проект по модернизации является дорогостоящим и требует продолжительного времени для его реализации. Исходя из выше сказанного, можно утверждать, что вопрос модернизации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта является весьма сложным. Применительно к хозяйству связи, в рамках модернизации актуальным является решение следующих задач: повышение коэффициента готовности средств связи, выбор наиболее рациональных интервалов времени проведения технического обслуживания, а также обеспечение наиболее качественной эксплуатации и технического обслуживания оборудования хозяйства связи.

Одним из подходов к снижению рисков при решении выше упомянутых задач является использование различных средств автоматизированного моделирования, позволяющих с заданной точностью дать оценку анализируемому параметру. Популярным сегодня методом анализа процессов и систем различных отраслей промышленности, в том числе и на транспорте, является имитационное или, в случае стохастических процессов, статистическое моделирование, которое находит применение при оценке надежности автотранспортных систем [1] определении наиболее эффективных вариантов обслуживания транспортных потоков [2, 3], анализе пропускной способности ж.д. линий [4, 5]. А также данный вид моделирования применяется как для анализа надежности структурно-сложных радиотехнических средств [6], так и для оценки надежности программного обеспечения [7].

В последнее время все большую известность среди ученых и исследователей приобретает отечественный инструмент имитационного моделирования AnyLogic [8–12], обеспечивающий возможность визуальной разработки моделей и объединяющий «все три современные парадигмы построения имитационных моделей» [13]. Среда AnyLogic используется для оценки комплексных показателей надёжности элементов радиотехнических систем [10], прогнозирования надёжности элементов информационных систем [11], а также для анализа показателей эксплуатационной работы железнодорожного узла [9] и моделирования расписания движения транспортных средств [12].

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С целью прогнозирования коэффициента готовности и показателя технического обслуживания была поставлена задача разработки имитационной модели процесса эксплуатации средств связи в региональном центре связи с помощью инструмента AnyLogic, применяя метод дискретно-событийного моделирования. Модель должна обеспечивать возможность оценки указанных показателей в зависимости от следующих входных параметров: интенсивность отказов оборудования, время ремонта, продолжительность технического обслуживания, периодичность профилактических работ оборудования связи.

## III. ТЕОРИЯ

AnyLogic является инструментом имитационного моделирования, поддерживающим все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный, системно-динамический и агентный, а также совокупность различных подходов. Уникальность данного продукта также заключается в достаточно мощном языке моделирования, позволяющем учесть даже самые мелкие детали модели. AnyLogic имеет достаточно широкий и интуитивно понятный графический интерфейс, позволяющий как упростить процесс создания модели, так и ускорить его. Выбранный инструмент применяется в различных областях и позволяет создавать модели, описывающие как легкие, так и сложные процессы.

Основными инструментами AnyLogic, использованными в модели, являются «Диаграмма состояний» и «Событие».

«Диаграмма состояний» позволяет графически задать пространство состояний алгоритма поведения объекта, а также события, которые являются причинами срабатывания переходов из одних состояний в другие, и действия, происходящие при смене состояний. С ее помощью можно графически задать дискретное поведение объектов любой сложности, куда более разнообразные, чем элементарные состояния свободен/занят, открыт/закрыт, исправен/неисправен, предлагаемые большинством блочных инструментов моделирования. Переходы между состояниями могут сработать в результате заданного в качестве условия перехода события – это может быть истечение заданного таймаута, получение сообщения, выполнение заданного логического условия.

«Событие» является самым простым способом планирования действий в модели и часто используется для моделирования задержек и таймаутов. Работа данного инструмента организуется тремя способами, в нашей модели это реализуется циклическим срабатыванием через определенные промежутки времени.

Модель имеет внешнюю автоматизированную базу данных на основе файла Microsoft Excel, в которую записываются все данные, необходимые для проведения анализа результатов эксперимента. В рабочей области модели строятся графики основных исследуемых зависимостей.

Входными параметрами являются:  $L$  – интенсивность отказов,  $T_{об}$  – периодичность технического обслуживания,  $T_r$  – время проверки оборудования во время технического обслуживания,  $T_{р}$  – время ремонта,  $k_p$  – количество прогонов,  $t_{рг}$  – время одного прогона;  $P_n$  – вероятность отсутствия ЗИП;  $d_{орг}$  – время ожидания поступления ЗИП. Выходные параметры модели:  $K_g$  – коэффициент готовности,  $B$  (Б) – удельное количество накопленных за месяц штрафных баллов,  $TS_0$  – общее время нахождения в работоспособном состоянии,  $TS_1$  – общее время нахождения в состоянии технического обслуживания,  $TS_2$  – общее время нахождения в состоянии ремонта.

В работе реализована функция начисления штрафных баллов за отказы, а также система оценки качества, исходя из начисленных баллов, основанная на положении «О показателе качества технического обслуживания средств связи» [14], согласно которому отказы по степени тяжести последствий подразделяются на три категории, а технологические нарушения – на две категории. За каждый отказ или технологическое нарушение начисляется определенное количество штрафных баллов, регламентированное положением. Например, за отказ второй категории начисляется 24 штрафных балла, а за отказ третьей категории 24 или 8 баллов в зависимости от последствий.

Количество штрафных баллов также зависит от задержек во времени при восстановлении работоспособности средств связи и вычисляется по формуле:

$$\delta = \delta_0 + 0.5\delta_0 \cdot (t_{\phi} - t_{CB}) / t_{CB}, \quad (1)$$

где  $\delta$  – итоговая балльная оценка;

$\delta_0$  – количество баллов за отказ или технологическое нарушение, регламентированное положением;

$t_{CB}$  – среднесетевое время восстановления работоспособности средств связи, регламентированное положением;

$t_{\phi}$  – фактическое время восстановления работоспособности средств связи.

Такие параметры, как время ремонта, время технического обслуживания, время ожидания ЗИП, случайным образом выбираются по нормальному закону распределения с заданным среднеквадратичным отклонением и математическим ожиданием. По итогам месяца определяется удельный показатель качества технического обслуживания средств связи  $B$  в расчете на каждые 100 технических единиц обслуживаемого оборудования (2),

определяющий одну из следующих категорий качества: «Отлично» – от 0 до 14.5, «Хорошо» – свыше 14.5 до планируемого показателя, «Удовлетворительно» – свыше планируемого показателя до 80 и «Неудовлетворительно» – свыше 80.

$$B = \frac{B_0}{T_0} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $B$  – удельный показатель качества технического обслуживания средств связи;

$B_0$  – сумма баллов, начисленных за допущенные отказы технических средств связи и технологические нарушения;

$T_0$  – приведенная величина технических единиц обслуживаемых устройств.

Модель состоит из диаграммы трех состояний, связанных между собой переходами, совокупности входных и вспомогательных параметров. Также используется инструмент «Событие», отвечающее за сбор статистики и организацию нового прогона модели.

Каждый прогон начинается с работоспособного состояния, в котором происходит розыгрыш перехода в следующее состояние, основанный на экспоненциальном законе распределения. После розыгрыша открывается переход в состояние технического обслуживания или ремонта, срабатывающий через определенный промежуток времени, задаваемый периодичностью технического обслуживания или же временем, через которое произойдет отказ. После пребывания в неработоспособном состоянии или состоянии технического обслуживания срабатывает переход в работоспособное состояние, открываемый через время, определяемое временем ремонта или проверки при техническом обслуживании. После чего повторно происходят выше описанные действия.

Одновременно с имитацией процесса эксплуатации, в соответствии с диаграммой состояний, раз в месяц по модельному времени происходит запись статистики в базу данных при помощи таких инструментов AnyLogic как «Набор данных», «Коллекция» и «Событие», а также непрерывно идет перерасчет коэффициента готовности и показателя качества технического обслуживания. На основе совокупности полученных оценок коэффициента готовности строится график его зависимости от времени. Коэффициент готовности рассчитывается по формуле:

$$K_r = \frac{TS_0}{TS_0 + TS_2}, \quad (3)$$

где  $TS_0$  – время нахождения в работоспособном состоянии;

$TS_2$  – время нахождения в состоянии ремонта.

Необходимое количество прогонов может быть определено по формуле (4), полученной на основании теоремы Бернулли и неравенства Чебышева [15].

$$N = \frac{P(1-P)}{(1-Q)\varepsilon^2}, \quad (4)$$

где  $P$  – вероятность события равная 0.5, так как, с точки зрения имитационного моделирования, вероятность данной величины приносит максимальную неопределенность в процесс;

$Q$  – доверительная вероятность;

$\varepsilon$  – доверительный интервал.

После проведения эксперимента вся статистика усредняется и выводятся итоговые графики зависимости коэффициента готовности и показателя качества технического обслуживания от времени  $t$ . Следует отметить, что модель является гибкой в настройке и позволяет вводить произвольные значения исходных данных, такие как интенсивность отказов, время проверки оборудования при техническом обслуживании, время ремонта, периодичность технического обслуживания.

#### IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для демонстрации работы предложенной модели был выполнен имитационный эксперимент, в ходе которого были получены графики оценок коэффициента готовности (рис. 2) и показателя качества от времени, рассчитанных по формулам (3) и (1) соответственно. Интерфейс разработанной модели после выполнения одного прогона приведен на рис. 1.

ТАБЛИЦА 1  
ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Параметр	Значение
Интенсивность отказов $L, \text{ч}^{-1}$	0.0005
Время ожидания ЗИП при различных группах отказов и технологических нарушений $\text{dopvrI0} - \text{dopvrII0}, \text{doptnI0}, \text{doptnII}, \text{ч}$	24
Количество прогонов $k_p$	2000
Вероятность отсутствия ЗИП $P_n$	0.1
СКО $\text{sig}$	0.15
Техническая оснащенность $T_o$ , т.е.	600
Периодичность технического обслуживания $T_{ob}$ , ч	8640
Математическое ожидание времени проверки $T_{p0}$ , ч	1
Время одного прогона $\text{vrgr}$ , лет	100
Время устранения отказов и технологических нарушений каждой из групп $\text{vrRI} - \text{vrRIII}, \text{vrRtnI}, \text{vrRtnII}, \text{ч}$	3

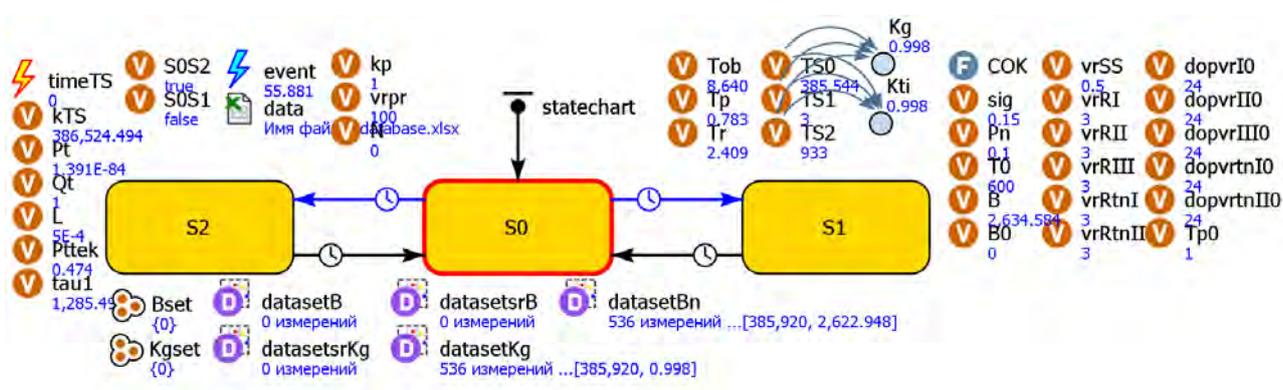


Рис. 1. Интерфейс разработанной модели

Согласно формуле (4), при точности вычисления оценок  $\varepsilon = 0.05$  и доверительной вероятности  $Q = 0.95$  количество прогонов  $k_p$  равняется 2000. В результате проведения имитационного эксперимента были получены графики зависимости коэффициента готовности (рис. 2) и показателя качества технического обслуживания (рис. 3) от времени  $t$ .

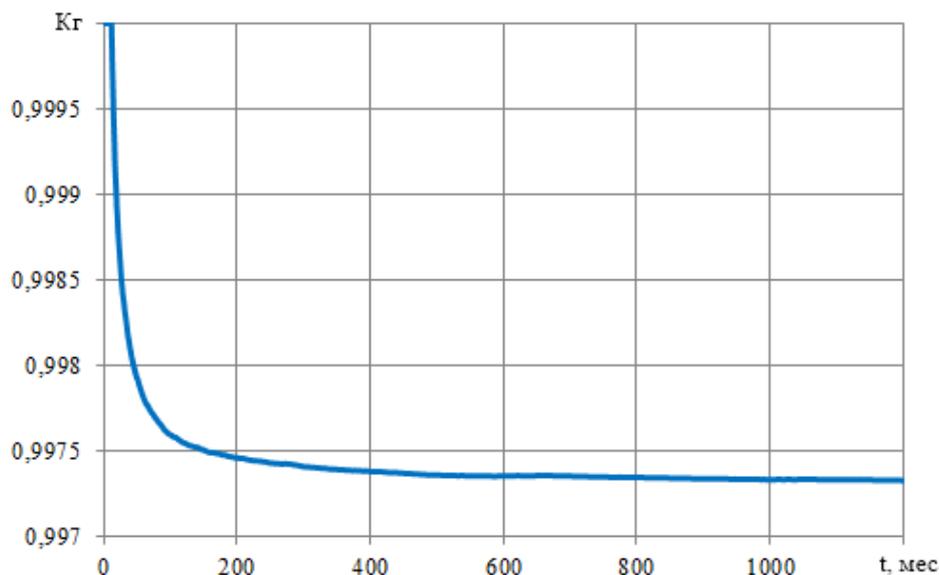


Рис. 2. Экспериментальный график зависимости коэффициента готовности  $K_g$

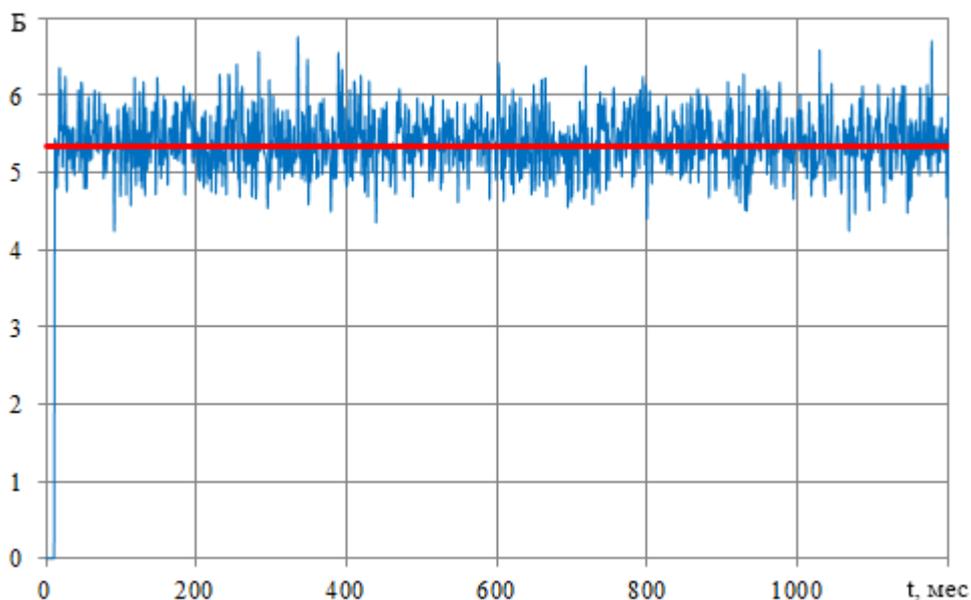


Рис. 3. Экспериментальный график зависимости показателя качества технического обслуживания Б

#### V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

График зависимости коэффициента готовности от времени, представленный на рис. 2, является примером реализации функции коэффициента готовности, полученным экспериментально методом имитационного моделирования для заданных значений входных параметров. Изображенный на рис. 2 график имеет характер нелинейно убывающей кривой, начиная с ее максимально возможного значения равного единице, что согласуется с условиями эксперимента, а именно с тем, что каждый прогон модели начинается с работоспособного состояния. Также отмечается стремление оценок коэффициента готовности к установившемуся значению, что не противоречит положениям теории надёжности для восстанавливаемых систем.

Анализируя экспериментальный график зависимости показателя качества технического обслуживания, можно отметить постоянство во времени оценок по месяцам со средним значением, равным 5.35, а также среднеквадратичным отклонением, равным 0.23, что составляет около 4.32% от среднего значения.

#### VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе была представлена имитационная модель эксплуатации технических средств в региональном центре связи, разработанная в среде AnyLogic с применением дискретно-событийного моделирования. Модель позволяет производить оценку таких показателей, как коэффициент готовности и показатель качества технического обслуживания.

В разработанной модели имеется возможность варьирования входных параметров, что может быть использовано при прогнозировании коэффициента готовности и показателя качества технического обслуживания с целью оценки эффективности внедрения нового оборудования, влияния продолжительности ремонта, технического обслуживания и его периодичности на прогнозируемые параметры.

На основании результатов эксперимента было установлено, что экспериментально полученная функция коэффициента готовности является нелинейно убывающей, начиная со своего максимального значения, равного единице. Функция показателя качества технического обслуживания является постоянной во времени и имеет среднее значение равное, 5.35, а также среднеквадратичное отклонение, равное 0.23.

В дальнейшем планируется совершенствование предложенной модели в части учёта вероятности ошибки обслуживающего и эксплуатационного персонала, состояний скрытого и ложного отказов, влияния старения и износа элементов средств связи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якубович А.Н., Якубович И.А., Рассоха В.И. Оценка надёжности автотранспортных систем методами статистического моделирования (аналитический обзор) // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2016. № 1. С. 89–94.
2. Максимей И.В., Сукач Е.И., Гируц П.В., Ерофеева Е.А. Имитационное моделирование вероятностных характеристик функционирования железнодорожной сети // Математические машины и системы. 2008. № 4. С. 147–153.

3. Сукач Е.И. Автоматизация процесса исследования вариантов организации перемещения транспортных потоков в железнодорожной сети // Математические машины и системы. 2009. № 4. С. 161–168.
4. Кокурин И., Кудрявцев В. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. № 2. С. 18–22.
5. Алексеев С.И., Бережной В.В., Сорока Р.И. Имитационно-анимационное моделирование основных технологических процессов мурманского транспортного узла // Евразийское пространство: приоритеты социально-экономического развития. 2011. С. 28–36.
6. Тихменев А.Н., Жаднов В.В. Прогнозирование надежности структурно-сложных радиоэлектронных средств методами имитационного моделирования // Качество. Инновации. Образование. 2013. № 3. С. 50–56.
7. Чернов А.В., Гуда А.Н., Чубейко С.В., Бутакова М. А. Оценка надежности программного обеспечения методами дискретно-событийного моделирования // Программные продукты и системы. 2015. № 4. С. 158–165. Doi: 10.15827/0236-235X.112.158-165
8. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic // Вестник казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 13. С. 352–357.
9. Любченко А.А., Бартош С.В., Смирнов В.А., Castillo P. А. Дискретно-событийная модель железнодорожного узла в среде AnyLogic // Динамика систем, механизмов и машин. 2016. Т. 4, № 1. С. 87–92.
10. Любченко А.А. Применение имитационного моделирования для определения вероятностных характеристик комплексных показателей надежности радиотехнических систем // Наука и современность. 2010. № 5–2. С. 246–251.
11. Баран В.И., Баран Е.П. Прогнозирование надежности элементов информационных систем с помощью инструментальных средств AnyLogic 7 // Вестник Российского университета кооперации. 2016. № 1. С. 8–10.
12. Merkurjeva G., Bolshakovs V. Vehicle schedule simulation with AnyLogic // 12th International Conference on Computer Modelling and Simulation. 2010. IEEE. pp. 169-174. Doi: 10.1109/UKSIM.2010.38
13. Рахмангулов А.Н., Мишкuroв П.Н. Особенности построения имитационной модели технологии работы железнодорожной станции в системе AnyLogic // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. 2012. С. 7–13.
14. О показателе качества технического обслуживания средств связи: положение ОАО «РЖД» от 20 августа 2014 г., № ЦСС-767/р.
15. Любченко А.А. Анализ процессов технического обслуживания элементов сложных технических систем // Известия Транссиба. 2011. № 1. С. 88–94.

УДК 004.93'11

## ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ РУКОПИСНОЙ ПОДПИСИ СУБЪЕКТА

Д. А. Волков

<sup>1</sup>Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

**Аннотация** – Биометрическая и многофакторная аутентификация находят всё больше приложений в реальной жизни. Примерами таких приложений являются многочисленные личные кабинеты в сети интернет. На данный момент замечена тенденция в пользу отказа от статических биометрических образов, таких как отпечатки пальцев в сторону динамических образов. В данной статье проанализированы способы извлечения данных из рукописной подписи и почерка субъекта другими исследователями. Составлен список наиболее часто извлекаемых биометрических признаков. Результатом данного исследования стал программный продукт, позволяющий получать биометрические признаки из сырых биометрических данных в автоматическом режиме.

**Ключевые слова:** биометрические признаки, рукописная подпись, почерковедческая экспертиза.

### I. ВВЕДЕНИЕ

История судебного почерковедения уходит корнями во времена Византийской империи и правления Юстиниана I. В те времена к данному виду экспертизы обращались при решении судебных споров о подлинности документов. В настоящее время роль документов в жизни человека лишь возросла. С развитием науки разрабатывались новые методы проведения почерковедческой экспертизы. Широкое проникновение в судебное почерковедение идей кибернетики и распространение вычислительной техники позволяют алгоритмизировать качественно-описательный ход экспертного исследования.