

- Bibliography (transliterated):** 1. Shhapov, P. F., Guselnikov, O. V., Mulyarov, V. V. (2010). Prilad bezdemontazhnogo kontrolyu metrologichnix karakteristik termoperetvoryuvachiv. Metodi ta priladi kontrolyu yakosti. NTU "XPI", 25, 20-30. 2. Kondrashov, S. I., Didenko, K. I., Balev, V. M., Novikov, Yu. O. (2000). Sposib formuvannya testovogo signalu dlya kontrolyu dinamichnix karakteristik vimiryuvalnix kanaliv. UA 31487 A Ukraina. 3. Kondrashov, S. I. (2004). Metodi pidvishhennya tochnosti sistem testovix viprobuvuvan elektrichnix vimiryuvalnix peretvoryuvachiv u robochix rezhimakh. Kharkov: NTU "KhPI", 224. 4. Aleksandrov, A. G. (2004). Adaptivnoe upravlenie s etalonnoj modelyu pri vneshnix vozmushheniyax. Avtomatika i telexemika, 5, 77-91. 5. Xashemian, X. M. (2012). Texnicheskoe obsluzhivanie izmeritelnykh ustrojstv na atomnykh elektrostanciyax. V. B. Fortakov. Moskva: Binom, 350. 6. Koval, A. O., Polyarus, O. V. (2015). Vpliv "starinnya" datchikov temperaturi na ix dinamichni karakteristiki. Xarkiv: Sistemi obrobki informacii: zbirnik naukovix prac. Xarkivskij universitet Povitryanix Sil imeni Ivana Kozheduba, №6 (131), 123-126. 7. Koval, A. O. (2012). Metrologichne zabezpechennya atestacii robochix misc za umovami prac. Xarkiv: Vestnik XNADU, 59.8. Koval, A. O., Kotova, A. I., Polyakov, E. O., Polyarus, O. V. (2014). Vznachennya postijnoji chasu datchika pri rozv'yazanni obrbenoi zadachi vimiryuvan. Metrologiya ta priladi. Naukovo-virobnichij zhurnal, 1(45). 9. Koval, A. O. (2015). Viktoristannya metodu vnutrishnogo kontrolyu dlya doslidzhen perexidnix funkcij davachiv tisku. Ukraïnskij metrologichnij zhurnal, 1, 64-68. 10. Koval, O. A., Polyarus, O. V., Podorozhnyak, A. O. (2014). Dinamichna nejromerezheva model pervinnogo peretvoryuvacha. Visnik Nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", №35 (1078), 201. 11. Koval, A. O. (2012). Kriterij ta sxema navchannya nejromerezhevoi modeli vimiryuvalnogo datchika. Xarkiv: Visnik Nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", № 68 (974), 94-100. 12. Koval, A. O. (2011). Linijna nejromerezheva dinamichna vimiryuvalna sistema z poslidovnim vidnovlennyam i filtraciyu vxidnogo signalu datchika. Visnik nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", 53, 84-89.

Надійшла (received) 27.05.2015

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Полярус Олександр Васильович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; професор кафедри метрології та безпеки життєдіяльності.

**Полярус Олександр Васильевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; профессор кафедры метрологии и безопасности жизнедеятельности.

**Polyarus Alexander** – PhD, Head of Department, Kharkiv National Automobile and Highway University; Professor Department of Metrology and life safety.

**Коваль Олександр Андрійович** – кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності.

**Коваль Олександр Андреевич** – кандидат технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; доцент кафедры метрологии и безопасности жизнедеятельности.

**Koval Alexander** – Ph.D., Kharkiv National Automobile and Highway University; Associate Professor of metrology and life safety.

**Коваль Андрій Олександрович** – Харківський національний автомобільно-дорожній університет; асистент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності; e-mail: [koval\\_al@ukr.net](mailto:koval_al@ukr.net).

**Коваль Андрей Александрович** – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; асистент кафедри метрологии и безопасности жизнедеятельности; e-mail: [koval\\_al@ukr.net](mailto:koval_al@ukr.net).

**Koval Andrey** – Kharkiv National Automobile and Highway University; Assistant of metrology and life safety; e-mail: [koval\\_al@ukr.net](mailto:koval_al@ukr.net).

УДК 658.562

**А. И. ФЕДЮШИН, А. И. БАЛЕНКО****РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ**

Рассмотрен способ повышения качества числового измерительного контроля радиодеталей за счет разработки его структурной организации. Предложена структурная схема автоматизированной системы дифференцированного контроля качества радиодеталей, а также рассмотрен принцип работы созданного программного обеспечения её вычислительной подсистемы. Описана и обоснована общая схема анализа данных при проведении такого контроля с помощью программных средств.

**Ключевые слова:** риски, заказчик, изготовитель, контроль партии, система контроля, программное обеспечение.

**Введение.** Входной контроль радиодеталей перед их сборкой в составе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) производится с использованием специализированных приборов, которые позволяют измерять параметры радиодеталей в ручном и автоматическом режимах. Автоматический режим контроля параметров позволяет организовать 100%-й контроль покупных радиодеталей, и в идеале должен гарантировать полный отсев изделий, параметры которых имеют отклонение от норм стандартов или технических условий. Однако на практике, из-за несовершенства используемых методик его проведения мы получаем обратное, – большое количество ошибок контроля.

Бывает и другая ситуация, иногда из-за чрезмерного сужения контрольного допуска обеспечивается требуемое качество, но в результате за подобную роскошь приходится платить гривной, так как забраковывается значительное количество на самом деле годных изделий.

Несоответствие традиционных форм и методов проведения входного контроля возросшим требованиям к нему обуславливают поиск более эффективных путей его организации, а также приводят к пересмотру самой концепции его проведения, где на первый план выдвигаются качество и экономическая целесообразность.

© А. И. Федюшин, А. И. Баленко, 2015

**Цель работы.** Целью работы является изучение эффективности применения алгоритма дифференцированного контроля партий изделий в автоматизированных системах контроля качества с целью повышения качества и достоверности измерительного контроля.

**Анализ работ и постановка задачи.** Так как современные предприятия по выпуску РЭА используют широкую номенклатуру радиодеталей, целесообразно применять универсальное контрольно-измерительное оборудование, способное охватить контролем несколько типов (или даже видов) радиодеталей. В качестве такого оборудования применяют автоматизированные посты контроля либо автоматизированные системы контроля (АСК). Примерами подобных систем могут быть следующие [1–3]. Для допускового контроля и разбраковки на три группы R-, L-, C-элементов и полупроводниковых приборов с аксиальными выводами, поступающих на контроль россыпью предназначен универсальный автоматизированный пост контроля АПК-1Р. Работа такого поста возможна в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Во втором случае загрузка изделий производится вручную группами по 10–15 штук. Автоматический пост контроля радиодеталей АПК-201 (Информ. лист №83-1096, ВИМИ) используется для автоматического контроля и вырубки бракованных радиодеталей в цилиндрическом корпусе с аксиальными выводами, вклеенных в однородную ленту. Автоматизированная система входного контроля радиоэлементов «Аккорд-1» (Информ. лист №84-1497, ВИМИ) предназначена для автоматического измерения статических параметров цифровых интегральных микросхем, диодов, стабилитронов, транзисторов, номинальных значений резисторов, индуктивностей, емкостей.

Следует отметить, что количество подобных систем не так уж велико, и выпуск подобного оборудования осуществляется в основном за пределами Украины, что делает актуальной задачу их разработки. Вместе с тем для этих систем можно выделить нечто общее: в основном сейчас ведется борьба за повышение быстродействия подобных систем и точности используемых измерительных устройств [4–6], и достаточно малое внимание уделяется другим показателям, таким важным и значащим, к примеру, как достоверность и качество проводимого контроля, надежность.

При изложении следующего ниже материала мы исходим из того, что первичными показателями эффективности функционирования системы контроля должны быть достоверность и качество работы самой системы, которые должны закладываться уже на ста-

дии разработки и проектирования; универсальность и гибкость программы контроля; расширение используемых видов контроля, с учетом их экономической эффективности; конструктивное исполнение и массогабаритные показатели. Отсюда предлагается применение в системе разработанной методики дифференцированного контроля [7], которая исходит из того, что еще до проведения самого контроля на основе анализа априорных исходных данных, таких как знание законов распределения контролируемого параметра и погрешности измерения, можно оценить необходимость вообще проведения контроля, и выбрать если требуется его вид (к примеру, традиционный, многоступенчатый).

**Обобщенная структурная схема системы контроля радиодеталей (на примере резисторов).** В настоящее время большое внимание уделяется построению автоматизированных систем контроля с использованием ЭВМ. Такие системы могут применяться как для контроля параметров отдельных радиодеталей, так и для оценки работоспособности сложных интегральных микросхем [1, 4, 6]. Проектируются и системы, в которых используются новые методики контроля. Одна из таких представлена в данной работе.

Ниже описывается система дифференцированного входного контроля качества. Система включает в себя три основных составляющих (рис. 1): управляющую ЭВМ, контрольно-сортировочный автомат (КСА), измерительное устройство (мультиметр АРРА 109) и ряд вспомогательных элементов. Она может работать в широком диапазоне изменения исходных данных, отличается быстродействием, оперативностью, удобным программным интерфейсом пользователя.

КСА предназначен для выполнения необходимых операций по загрузке, ориентированию и транспортировке изделий до измерительной позиции, а также, в зависимости от результата контроля, – транспортировки изделия в соответствующий бункер. Измерительное устройство необходимо для получения результата измерения контролируемого параметра изделия. Обработка измерительной информации, поступающей от мультиметра, осуществляется в ЭВМ. Здесь производится сравнение результата измерения с допусками на контролируемый параметр, и выдается заключение о категории изделия. Согласно последнему, в ЭВМ формируются управляющие сигналы для КСА, в зависимости от которых изделие относят в тот или иной бункер (рис. 1). Они поступают в блок селективного выбора КСА.



Рис. 1 – Структурная схема системы дифференцированного контроля радиодеталей

Связь ЭВМ с измерительным устройством и КСА осуществляется через последовательный порт ЭВМ, согласно протоколу RS-232. Для корректной работы микропроцессора с последовательным портом разработаны управляющие программы – драйверы, которые выделены на структурной схеме в отдельный блок с названием «Драйверы и приемник».

Фиксацию результатов контроля в системе производят два блока – это печатающее устройство, и устройство регистрации информации.

#### Программное обеспечение работы системы.

Одним из центральных звеньев, обеспечивающих ра-

ботоспособность системы дифференцированного контроля, является созданное программное обеспечение. Управляющая системой программа осуществляет такие операции: по исходным данным контролируемой партии выбирает необходимый вид контроля; обрабатывает всю измерительную информацию, поступающую через последовательный порт ЭВМ от мультиметра; выдает управляющие воздействия на контрольно-сортировочный автомат и др. Программа разработана и реализуется на языке программирования C++, ее главное окно представлено на рис. 2.

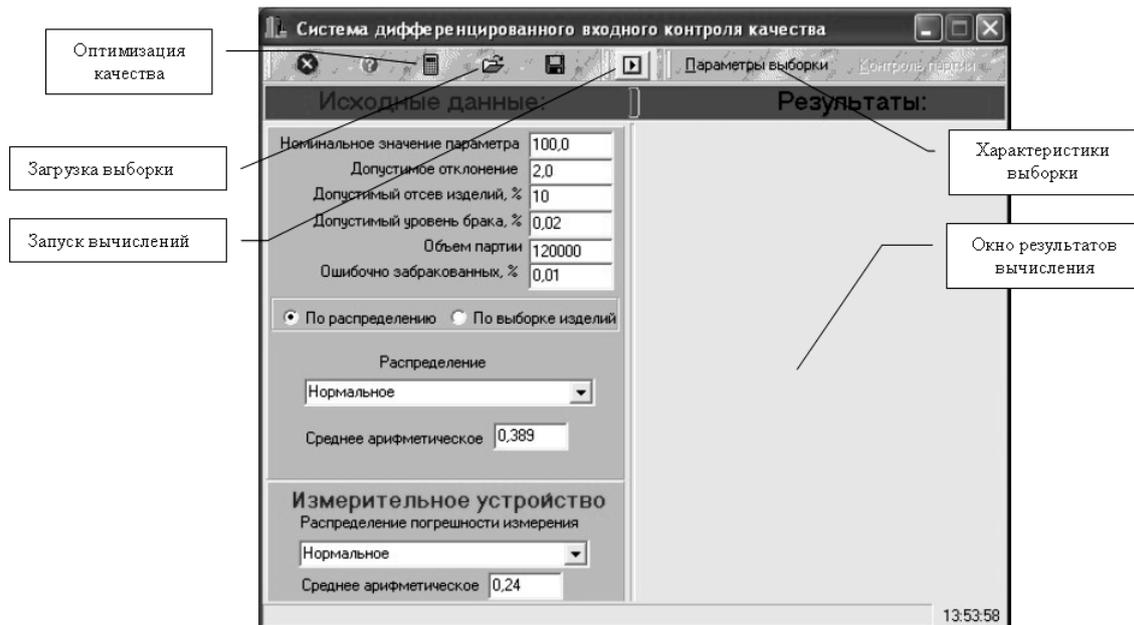


Рис. 2 – Интерфейс программы после первичной загрузки

Описание работы программы начнем с исходных данных. В их качестве выступают такие величины: номинальное значение сопротивления резистора – в единицах Ом; допустимое отклонение резистора от номинала – в единицах Ом; объем партии изделий – в штуках; допустимый отсев изделий и допустимый уровень брака – в процентах от объема партии. Перечисленные данные содержатся в картах проведения входного контроля.

Для определения вида контроля или необходимости его проведения вообще требуется знание законов распределения контролируемого параметра, в данном случае – сопротивлений резисторов, а также закона распределения погрешности измерительного устройства. При реализации программы за основную числовую характеристику средств измерений принята средняя арифметическая погрешность. Область данных, относящаяся к измерительному устройству, представлена в главном окне программы отдельным блоком под названием «Измерительное устройство». Здесь имеется возможность устанавливать вид распределения погрешности средств измерений. Предложено пять наиболее распространенных видов: нормальное, экспоненциальное, равномерное, треугольное (Симпсона), арксинуса.

Закон распределения контролируемого параметра, как правило, также известен. Однако в силу объек-

тивных причин, особенно при изготовлении новых видов продукции, его можно и не знать. Выходом из такой ситуации является нахождение закона распределения по результатам измерения взятой из партии случайной выборки. В программе реализовано два способа введения исходных сведений о контролируемом параметре. Первый способ – это выбор вида распределения из предложенных канонических законов: нормального, экспоненциального, равномерного и др., – с последующим занесением численного значения среднего арифметического отклонения контролируемого параметра (для этого в окне с помощью мыши выбирается пункт «по распределению»). Второй способ задания – по выборке (для этого в окне программы выбирается пункт «По выборке»).

Установлением законов распределения контролируемого параметра и погрешности измерения заканчивается первый этап работы с программой – это внесение исходных данных контроля. Далее рассмотрим интерфейс программы в режиме проведения вычислений. Для наглядности излагаемого возьмем следующий реальный пример.

**Пример проведения вычислений.** Предприятие – изготовитель поставляет предприятию-заказчику партию изделий (проволочных резисторов) объемом 120000 штук, предназначенных для установления в прецизионной аппаратуре. Резистор считается год-

ным, если его сопротивление составляет  $100 \pm 2$  % Ом. Партия запускается в производство при условии, что годные изделия составляют не менее 99,98 % от ее объема. Взяв из партии случайную выборку сравнительно небольшого объема (будем называть ее экспертной выборкой) и, проведя измерения сопротивлений попавших в нее резисторов, необходимо выбрать один из предложенных вариантов решения: принять партию без дополнительных проверок; провести выборочный контроль партии, используя выборку нужного объема; провести сплошной контроль партии с отсевом из нее негодных изделий; провести многоступенчатый контроль партии с таким же отсевом; вернуть партию изготовителю.

Объем экспертной выборки принимается равным 750 штук, погрешность измерения – распределенной по нормальному закону с нулевым средним и средним квадратическим отклонением (СКО)  $\sigma_{\varepsilon} = 0,3$  Ом, погрешность сравнения пренебрежимо малой величиной, допустимый отсев изделий не более 10 % от объема партии. Распределение числа изделий экспертной выборки по интервалам сопротивлений представлено в файле с названием *tablica22.sch*.

Перед началом выполнения вычислений заносятся исходные данные, выбирается тип распределения контролируемого параметра и погрешности измерения. Если необходимо, к исходным данным добавляется процент ошибочно забракованных изделий. В данной программе в качестве вероятностной характеристики погрешности измерения используется среднее арифметическое отклонение  $\tilde{\varepsilon}$ , которое связано с СКО для нормального распределения соотношением

$$\tilde{\varepsilon} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \sigma_{\varepsilon},$$

поэтому в графу «Измерительное устройство» заносится величина не 0,3 Ом, а 0,24 – соответствующая среднему арифметическому отклонению.

После выполнения исходных установок осуществляется запуск режима вычислений. В результате для предложенного примера получим следующие данные после вычислений (рис. 3). В данном случае таким числом является 40, что больше допустимого числа негодных изделий (для данной партии – не более 24). Поэтому следует провести сплошной кон-

троль (смотрите этап 2 окна программы).

Машина выполняет соответствующие расчеты, из которых видно, что после него число негодных изделий окажется равным 32. Это опять больше допуска (24 изделия), что обосновывает необходимость многоступенчатого контроля. Производим расчеты для различных модификаций многоступенчатого контроля [8-10] с определением числа циклов контроля (этап 3 и этап 4, отображенные в окне программы).

В зависимости от полученных значений средних рисков, а также стоимости контроля единицы продукции, определяется наиболее подходящий вид контроля. Рекомендуемый вид контроля в программе обозначается словом «Оптимум».

После выбора необходимого вида контроля осуществляется непосредственно его проведение. Нажатием клавиши «Контроль партии», программа переходит в режим фиксации результатов контроля.

Рис. 3 – Интерфейс программы после вычислений

В общем случае предоставляется возможность проведения двух видов контроля: традиционного допускового и многоступенчатого (рис. 4).

а

б

Рис. 4 – Окно программы фиксации результатов при проведении контроля: а – традиционный сплошной контроль, б – многоступенчатый контроль

Для исходных данных, предложенных в описанном выше примере, проведем сплошной и многоступенчатый контроль, и посмотрим, чем будут отличаться полученные результаты, а также интерфейсы новых окон. В данном случае ограничимся числом изделий в партии 750 шт.

После нажатия кнопки запуска контроля в режиме «Допусковый контроль» интерфейс программы примет вид, показанный на рис. 4, а.

Как видно из рисунка, в окне программы появляется таблица, состоящая из трех колонок. В первой колонке фиксируется номер измерения, соответствующий номеру изделия, поступившего на контроль. Во второй колонке результат измерения, в третьей – выдача заключения о категории изделий. Под таблицей фиксируются предварительные данные о числе негодных и годных изделий после проведения контроля на текущий момент времени. В качестве исходных данных выступают величины технологической нормы, номинальное значение и объем партии, представленные как в числовой, так и в графической форме, которые автоматически переносятся из основной программы. Для остановки работы программы необходимо нажать кнопку «Stop». Для просмотра результатов контроля используются линейки прокрутки.

При выборе вида контроля «многоступенчатый» загружается интерфейс программы, представленный на рис. 4, б. Как видно из представленного рис. 4, в окне программы, аналогично предыдущему контролю, присутствуют исходные данные, но в большем формате: задаются технологическая и контрольная нормы; номинальное значение; объем партии; число циклов проведения контроля. В нижней части окна программы фиксируется число изделий по категориям в каждом из циклов контроля, а также расчеты ожидаемых результатов многоступенчатого контроля. Запуск многоступенчатого контроля происходит нажатием кнопки «Начало контроля» в окне программы.

Интерфейс программы дополняется изображением таблицы регистрации данных. Как и при сплошном контроле, имеется колонка нумерации результатов измерений, далее следуют колонки регистрации данных по циклам опознавания. В нижней части окна можно увидеть, какие числа годных, негодных и спорных изделий следует ожидать в каждом из циклов опознавания. Для просмотра результатов по циклам можно использовать кнопки управления курсором на клавиатуре или путем перетаскивания ползунка с помощью левой кнопки мыши. В нижнем правом углу окна программы фиксируются окончательные результаты контроля: выдаются числа годных и негодных изделий. Остановка работы программы также производится нажатием кнопки «Stop». Выход из этой программы происходит нажатием клавиши «Выход» (клавиша с пиктограммой в форме креста).

#### Выводы

1. Разработана структурная схема автоматизированной системы дифференцированного контроля радиодеталей, основными элементами которой являются:

управляющая ЭВМ, контрольно-сортировочный автомат и измерительное устройство (мультиметр АРРА 109). Она позволяет повысить быстродействие, достоверность и экономичность контроля за счет грамотного перераспределения функций между ее составляющими.

2. Составлена и описана программа управления системой дифференцированного контроля качества радиодеталей. Основное назначение программы: определение по исходным данным партии ее входного качества и выбор вида проводимого контроля; обработка всей измерительной информации, поступающей через последовательный порт с измерительного прибора; выдача управляющих сигналов контрольно-сортировочному автомату. Описание программы разбито на две части: работу в режиме вычислений и работу в режиме фиксации результатов. Система внедрена в производство на предприятии ООО ПП «Квант».

**Список литературы:** 1. Богданов, В. М. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники [Текст] / В. М. Богданов, В. А. Кузнецов, и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 356 с. 2. Брюханов, В. А. Методы повышения точности измерений в промышленности [Текст] / В. А. Брюханов. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001. – 186 с. 3. Глудкин, О. П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС [Текст] / О. П. Глудкин. – М.: Высшая школа, 1991. – 336 с. 4. Харт, Ханс. Введение в измерительную технику [Текст] / Ханс Харт. – М.: Мир, 1999. – 390 с. 5. Практикум по вероятностным методам в измерительной технике [под ред. В. В. Алексеева]. – СПб.: Энергоатомиздат, 1998. – 258 с. 6. Федоров, В. К., Сергеев, Н. П., Кондрашин, А. А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств Харт, Ханс – М.: Техносфера, 2005. – 504 с. 7. Федюшин, А. И. Автоматизированная система дифференцированного контроля качества радиодеталей в условиях производства [Текст] / А. И. Федюшин // Технология приборостроения. – 2005. – №2. – С. 44 - 51. 8. Федюшин, А. И. Формулы для расчета средних рисков контроля [Текст] / А. И. Федюшин // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – №6(64). – Луганськ: 2003. – С. 33 - 38. 9. Федюшин, А. И. Об одном способе повышения достоверности числового измерительного контроля [Текст] / А. И. Федюшин // Український метрологічний журнал. – 2004. – Вип. №1. – С. 14-17. 10. Федюшин, А. И. Оценка средних рисков модифицированного многоступенчатого контроля. [Текст] / А. И. Федюшин – В сб. трудов 6-го Международного молодежного форума "Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке". – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – Ч. 2. – С. 283-284.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bogdanov, V. M., Kuznetsov, V. A. i dr. (2000). Metrological maintenance and operation of the measuring equipment. Moscow: Radio and Communications, 356. 2. Brjuchanov, V. A. (2001). Methods to improve the measurement accuracy in the industry. Moscow: IPK «Izd-vo standartov», 186. 3. Gludkin, O. P. (1991). Methods and devices tests RJeS and JeVS. Moscow: High school, 336. 4. Hart, Hans. (1999). Introduction to measuring equipment. Moscow: Mir, 390. 5. Alekseev, V. V. (1998). Practice on probabilistic methods in the measuring technique. St.-Petersburg: Energoatomizdat, 256. 6. Fedorov, V. K., Sergeev, N. P., Kondrashin, A. A. (2005). Controls and tests in the design and manufacture of radio-electronic means. Moscow: Tehnosfera, 504. 7. Fediushyn, A. I. (2005). Automated system of differentiated quality control electronic components in the production environment. J. Technology of instrument making, 2, 44-51. 8. Fediushyn, A. I. (2003). The formulas for the calculation of the average risk control. J. Visnik Shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja, 6(64), 33 -38. 9. Fediushyn, A. I. (2004). A method of enhancing the reliability of measuring the numerical control. J. Ukrainian Journal of Metrology, 1, 14 -17. 10. Fediushyn, A. I. (2002). Estimation of the average risk of a modified multi-stage control. In Proc. works of the 6th International Youth Forum "Radioelectronics and youth in the XXI century." - Kharkov: KNURE. Part 2, 283-284.

Поступила (received) 06.06.2015

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Федюшин Олександр Іванович** – доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, кафедра Радіоелектроніки та комп'ютерних систем; тел.: 063-109-44-64; e-mail: [alex\\_f\\_08@mail.ru](mailto:alex_f_08@mail.ru).

**Федюшин Александр Иванович** – доцент, Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра Радиоэлектроники и компьютерных систем; тел.: 063-109-44-64; e-mail: [alex\\_f\\_08@mail.ru](mailto:alex_f_08@mail.ru).

**Fediushyn Alexander** – associate, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Dep. of Radioelectronics and computer system, tel.: 063-109-44-64; e-mail: [alex\\_f\\_08@mail.ru](mailto:alex_f_08@mail.ru).

**Баленко Олексій Іванович** – доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра Обчислювальної техніки та програмування; тел. 066-802-45-58; e-mail: [alex\\_aib@live.com](mailto:alex_aib@live.com).

**Баленко Алексей Иванович** – доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Вычислительной техники и программирования; тел. 066-802-45-58; e-mail: [alex\\_aib@live.com](mailto:alex_aib@live.com).

**Balenko Alexey** – associate, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Dep. of Software of computer systems, tel.: 066-802-45-58; e-mail: [alex\\_aib@live.com](mailto:alex_aib@live.com).

УДК 656.96; 656.073

**В. С. НАУМОВ**

### АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПИТУ

Представлений у загальному вигляді алгоритм формування маршрутів доставки вантажів автомобільним транспортом. Алгоритм розглядається для технологічного процесу обслуговування клієнтури транспортних і експедиторських підприємств, який характеризується стохастичним попитом на послуги з перевезення вантажів. Описана програмна реалізація основних процедур представленого алгоритму. Запропонований підхід дозволяє формувати маршрути доставки в оперативному режимі на підставі бази заявок, що динамічно змінюється.

**Ключові слова:** маршрут доставки вантажів, алгоритм, стохастичний попит, програмна реалізація.

**Вступ.** При прийнятті рішень в процесі обслуговування клієнтури транспортних підприємств необхідно враховувати велику кількість факторів, що визначають основні параметри технологічного процесу й особливості його організації. Перед підприємствами різних видів транспорту стоїть задача ув'язати суперечливі інтереси відправників вантажу, одержувачів і перевізників. Основною проблемою, що виникає в процесі обслуговування клієнтури, є прийняття обґрунтованих організаціями неоптимізованих рішень, що суттєво знижує ефективність процесу обслуговування [1]. Головним напрямком вирішення даної проблеми є розробка і впровадження оптимізаційних інструментів для підтримки прийняття управлінських рішень.

Одним з основних напрямків удосконалення процесів обслуговування на автомобільному транспорті є розробка маршрутів доставки вантажів. Під процесом формування маршрутів доставки вантажів при цьому розуміють вибір такої послідовності об'їзду транспортним засобом вантажовласників, що забезпечує найбільше значення критерію ефективності при відомих параметрах транспортного попиту.

**Аналіз літературних джерел.** Загальноприйняті підходи до формування оптимальних маршрутів засновані на методах лінійного і динамічного програмування, а також методах комбінаторного і евристичного аналізу [2]. Алгоритми планування трас маршрутів реалізовані для ситуацій, у яких попит на перевезення має детермінований характер [2, 3]. Для випадку стохастичного попиту на транспортні послуги, характерного для сучасного транспортного ринку, пропонуються моделі, що враховують певні обмеження та параметри: метаевристична модель з урахуванням наявних обмежень по завантаженню [4], розробка маршрутів на підставі моделі мурашиних колоній [5] на ін.

За останні роки з'явилися нові роботи, направлені на вирішення задачі маршрутизації в реальному часі, серед яких слід виділити: здійснення маршрутизації із урахуванням обмежень, що закладаються режимами роботи водіїв [6], визначення маршрутів доставки із використанням адаптивного алгоритму пошуку найближчого пункту заїзду [7], використання алгоритмів ітеративного пошуку для узгодження роботи транспортних засобів і постів навантаження [8]. Практичне використання будь-якої із моделей маршрутизації, що пропонуються сучасними авторами, передбачає створення і впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, яке реалізує відповідні алгоритми.

Існуючі підходи до формування розвізних, збірних, а також маятникових і кільцевих маршрутів можуть бути застосовані відносно постійних характеристик попиту. Проте процеси доставки вантажів на сучасному ринку характеризуються параметрами потоку заявок, що динамічно змінюються [9]. Це вимагає ухвалення рішень щодо траси маршрутів протягом короткого проміжку часу для актуальних параметрів попиту і з урахуванням характеристик наявного вільного рухомого складу.

**Мета роботи.** Метою дослідження є розробка інструменту для формування маршрутів доставки вантажів в оперативному режимі в умовах стохастичного попиту.

**Опис моделі формування маршрутів доставки вантажів.** Рішення задачі формування маршрутів доставки для бази заявок, що динамічно змінюється, вимагає визначення критерію ефективності для вибору оптимальних або близьких до оптимальних трас маршрутів, математичної постановки задачі формування маршрутів, а також розробки і програмної реалізації алгоритмів формування трас маршрутів.

Результати проведених попередньо досліджень

© В. С. Наумов, 2015