

4. Герлах В. Тиристоры: Пер. с нем. – М.: Энергоиздат, 1985. – 328 с.

5. Зайцев А.А., Миркин А.И., Мокряков В.В. и др. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности / Под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1989. – 384 с.

Получено 21.01.2009

УДК 518.5 (07)

С.М.ЕСАУЛОВ, О.Ф.БАБИЧЕВА, кандидаты техн. наук, В.М.ШАВКУН
Харьковская национальная академия городского хозяйства

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На примере автоматизации установки диагностирования рассмотрен путь моделирования динамических свойств приемного элемента, обязательно входящего в состав схемы электронного контроля технического состояния конкретного компонента подвижной единицы, предложены приемы достижения адекватности эталонной модели объекта диагностирования и оригинальные решения задачи своевременной корректировки параметров модели и компенсации транспортного запаздывания, которые иллюстрируют алгоритмическое и аппаратное направления синтеза систем автоматики, реализуемых программируемыми микроконтроллерами или на базе персональных компьютеров.

Инвестирование в техническое перевооружение установок и многочисленных технологических объектов на электрическом транспорте предполагает не только замену морально устаревших технических средств, но и непременно внедрение автоматики в существующее оборудование.

В промышленности вопрос автоматизации технологических объектов (ТО) решается положительно, если его реализация обеспечит прирост прибыли более 5% [1]. Новая цифровая автоматика, приходящая на смену аналоговому оборудованию, позволяет без особого труда реализовать классические варианты схем автоматизации, обеспечивать прирост прибыли или сокращение текущих затрат и одновременно создавать базу для дальнейшего совершенствования этих технических средств как в алгоритмическом, так и в аппаратном направлениях.

Особого внимания заслуживают многочисленные средства диагностики транспорта [2], которые оснащаются современными средствами автоматизации технологических процессов на базе многочисленных миниатюрных приемных элементов [3-6], многофункциональных интегральных компонентов, серийных программируемых микроконтроллеров и др. Рост числа датчиков на рынке Украины [7] составляет основу синтеза нестандартного автоматического оборудования, спектр использования которого постоянно расширяется.

Одним из прогрессивных направлений создания средств диагностирования электромеханических устройств различного назначения является использование в них эталонных моделей [8].

Создание эталонных моделей в каждом случае требует применения оригинального подхода, что и обуславливает актуальность рассматриваемого вопроса.

Наибольший интерес при создании эталонной модели вызывает экспериментально-аналитический путь, когда в проектируемом устройстве диагностирования аккумулируется опыт эксплуатации аналогичного оборудования, а обобщенные данные аппроксимируют, например, передаточной функцией.

К сожалению, подобные задачи не всегда успешно решаются на основе известных рекомендаций, но частные примеры могут служить базой для совершенствования известных методов математического моделирования компонентов систем автоматики.

Если рассмотреть распространенную на установках диагностирования, например, схему с фотометрическим анализатором [2, 6], то опыт ее использования позволяет утверждать, что в установившемся режиме ($t = \infty$) полезную информацию $X(t)$ из контролируемого сигнала $Y(t) = X(t) + N(t)$ всегда приходится выделять, учитывая помехи $N(t)$, влияющие на приемный элемент.

Если принять, что математические ожидания полезного сигнала и помехи равны нулю, а спектральные плотности $S_X(\omega)$, $S_N(\omega)$ этих величин определяются соответствующими зависимостями [5]:

$$S_X(\omega) = \frac{2D\alpha}{\alpha^2 + \omega^2}; \quad (1)$$

$$S_N(\omega) = c^2, \quad (2)$$

где D – дисперсия белого шума; α – коэффициент взаимосвязи двух некоррелированных случайных величин; ω – полоса частот; c^2 – спектральная плотность ($c^2 = DT$); T – период квантования, то можно отметить, что в силу некоррелированности двух величин, когда $S_N(\omega) = 1$ математические ожидания сигнала и помехи будут равны нулю

$$S_{XN}(\omega) = 0. \quad (3)$$

Для выделения полезного сигнала из шума в этом случае целесо-

образно применить оптимальный фильтр.

Допустив, что полезный информационный сигнал формируется из единичного белого шума $V(t)$, для которого спектральная плотность

$$S_V(\omega) = 1, \quad (4)$$

для решения стоящей задачи можно воспользоваться фильтром с передаточной функцией вида [6]:

$$\Gamma(p) = \frac{(2D\alpha)^{0.5}}{\alpha + p}. \quad (5)$$

Очевидно, что выражение (5) в дифференциальном виде запишется [6]

$$\dot{X} = -\alpha X + (2D\alpha)^{0.5} V(t), \quad (6)$$

где α – матрица, описывающая динамические свойства системы; $(2D\alpha)^{0.5}$ – матрица, характеризующая коэффициент усиления по возмущению.

Поскольку в выражении (6) неслучайный сигнал внешних возмущений отсутствует, то его можно принять равным нулю.

Учитывая принятые допущения, алгебраическое выражение дисперсии ошибки [5] для проектируемого фильтра в установившемся режиме можно представить в виде:

$$2B\alpha + 2D\alpha - B^2 = 0, \quad (7)$$

откуда, с учетом ранее полученной зависимости, найдем выражение корреляционной функции ошибки B

$$B = -\alpha + (\alpha^2 + 2D\alpha) = \alpha \left\{ \left[1 + (2D/\alpha)^{0.5} - 1 \right] \right\}. \quad (8)$$

Дифференциальное уравнение оптимального фильтра при положительном значении корня ($B \geq 0$) запишем:

$$G^{\wedge} = -\alpha G + B(Y - G). \quad (9)$$

Применив к выражению (9) преобразование Лапласа при нулевых начальных условиях, получим окончательную передаточную функцию оптимального фильтра

$$W_1(p) = \frac{B}{p + \alpha + B}. \quad (10)$$

Математическое выражение (10) целесообразно применить при моделировании средств контроля в любых установках диагностирования с фотометрическими преобразователями, например, для оценки

изношенности поверхности деталей в механических приводах различного назначения [6].

Физическую реализацию такой схемы с моделью оптического диагностического устройства можно представить в виде анализатора двух сигналов (рис.1) [9].

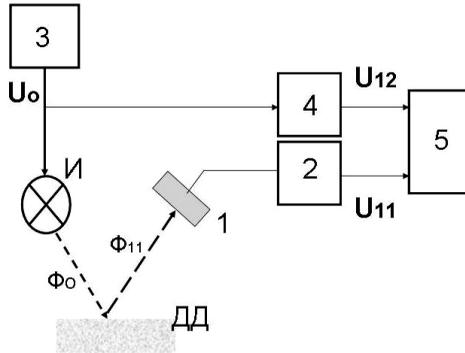


Рис.1 – Блок-схема фотометрического анализатора для установки бесконтактного диагностирования оборудования

Сигнал U_{11} в таком устройстве формируется преобразователем 2, ко входу которого подключен фотометрический датчик 1, установленный в зоне диагностируемой детали ДД. Уровень U_{11} зависит от интенсивности отраженного света Φ_{11} , прошедшего через зону с контролируемым объектом (поверхность детали и др.). Взаимосвязь этих величин можно представить в виде:

$$\Phi_{11} = \Phi_0 \exp(-kCI_1); \quad (11)$$

$$U_{11} = f(\Phi_{11}). \quad (12)$$

Сигнал U_{12} формируется моделью объекта 4, который определяется

$$U_{12} = U_0 \exp(-kCI_2), \quad (13)$$

где Φ_0 – нормированный световой поток от излучателя И; U_0 – нормированное напряжение на излучателе от источника питания 3; k – коэффициент, учитывающий отражательные свойства поверхностью детали; C – коэффициент рассеивания света контролируемой поверхностью; I_1 – световой поток, отраженный от диагностируемой поверхности; I_2 – эталонный сигнал, эквивалентный нормированному

уровню отраженного светового потока.

Если принять, что Φ_0 изменяется в допустимых пределах:

$$\Phi_{0\min} \leq \Phi_0 \leq \Phi_{0\max}; \quad (14)$$

$$\Delta\Phi_0 = \Phi_{0\max} - \Phi_{0\min}, \quad (15)$$

то и для величины C существует аналогичный интервал варьирования

$$C_{\min} \leq C \leq C_{\max}, \quad (16)$$

$$\Delta C = C_{\max} - C_{\min}, \quad (17)$$

когда ошибка измерений остается допустимой.

Учитывая (14) и (16), можно утверждать, что отношение величин

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta I_2} = \frac{\Delta\Phi_{11}}{\Delta U_{12}}, \quad (18)$$

формируемое в измерителе 5, функционально связано с величиной Φ_{11} .

Полученная таким образом «модель технологического объекта» может быть реализована при условии, когда $k=0$, $C = const$, $\Delta I_2 = const$. Принимая во внимание зависимости (11), (13), (18), можно записать выражение коэффициента пропорциональности L

$$L = \frac{\Delta\Phi_0 \Delta U_{12}}{\exp(-I_2)}. \quad (19)$$

Формулу (19) следует использовать для преобразования результатов измерения, зависящих от I_1 , в другую величину, удобную для наблюдения и контроля при выполнении диагностирования с помощью оптического анализатора, т.е.

$$\Delta\Phi_{11} = L \exp(-I_1). \quad (20)$$

Изображением по Лапласу для зависимости (20) будет выражение вида:

$$\Delta\Phi_{11}(p) = \frac{L}{p + I_1}, \quad (21)$$

а передаточная функция –

$$W_2(p) = \frac{1}{p + I_1}. \quad (22)$$

Таким образом, в эталонной модели для оптического диагностирования механического оборудования предпочтительнее использовать

передаточную функцию $W_0(p)$ приемного элемента, имеющую вид:

$$W_0(p) = W_1(p) \cdot W_2(p). \quad (23)$$

Поскольку для повышения точности результатов измерения целесообразно учитывать запаздывание τ , которое обусловлено динамическими свойствами привода диагностируемой детали и другими факторами, передаточную функцию модели приемного элемента представим в виде:

$$W_0(p) = \frac{BL \exp(-p\tau)}{(p + \alpha + B)/(p + I_1)}. \quad (24)$$

Данное математическое описание предпочтительно использовать при моделировании установки бесконтактного автоматизированного диагностирования поверхности деталей механического оборудования, износ которых, например, нуждается в постоянном контроле.

Применение рассмотренного компонента эталонной модели ТО предполагает анализ определенных массивов исходных данных. Обычно такая задача поиска решения для конкретного технического устройства будет зависеть от своевременного определения эксклюзивных параметров, при которых эталонная модель адекватна реальному технологическому объекту.

Для разрешения такой задачи удобным способом является просмотр элементов массива с использованием метода дихотомии [11].

Учитывая возможности программирования подобных задач для современных RISC-микроконтроллеров, рассмотренный выше алгоритм анализа диагностируемого оборудования, основанного на применении его эталонной модели, может быть реализован без помощи сложных микропроцессорных систем. Очевидно, что такой вариант может стать привлекательным для расширения внедрения автоматизации на установках диагностирования оборудования транспортных средств любой сложности.

В реальной системе автоматики, к сожалению, эталонная модель, полученная выше, всегда отличается от реального объекта диагностирования. Причиной тому являются стохастический характер износа однотипных деталей, взятых для диагностирования с различных подвижных единиц, нестабильность динамических свойств компонентов схемы установки диагностирования, воздействие неконтролируемых внешних факторов на датчики системы и др. В этой связи реальная система диагностирования может функционировать с существенными ошибками, что недопустимо.

Поскольку к системам диагностирования транспорта предъявляются высокие требования, их синтез следует осуществлять с учетом выше отмеченных факторов. Примером тому может служить адаптивная система диагностирования с компенсацией запаздывания τ , коррективкой эталонной модели по отклонению $\varepsilon(t)$ выходной ординаты контроля $Y(t)$ от ее заданного значения $Y_3(t)$

$$\varepsilon(t) = Y(t) - Y_3(t), \quad (25)$$

реализуемая без использования дополнительных средств контроля изменяющихся величин.

Поскольку параметр $Y(t)$ зависит от динамических свойств $Y_1(t)$ и запаздывания $Y_2(t)$ объекта управления

$$Y(t) = f[Y_1(t), Y_2(t)], \quad (26)$$

то при формировании сигналов коррекции модели учитывались изменения этих факторов.

Оценка влияния переменных $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ выполняется в системе с помощью периодического тестирования объекта диагностирования.

Реализация режима тестирования объекта осуществляется с помощью периодических тестовых сигналов T заданной продолжительности, реакция объекта на которые позволяет определять параметры компонента диагностирования и использовать их для определения $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$.

Период тестового сигнала T выбирается таким, чтобы можно было определить отклонение реального времени запаздывания τ от нормированного значения и скомпенсировать возникающее несоответствие.

Поскольку заданный период T_0 тестового сигнала должен быть согласован с реальным временем транспортного запаздывания объекта τ , в системе используется блок перестройки тестового сигнала, который точно определяет реальное транспортное запаздывание по сигналам от исполнительного устройства T_K на входе тестируемого объекта и дифференциатора T_D , подключенного к выходу объекта диагностирования. В результате этого формируется период T_{II} с учетом обнаруженного отклонения времени транспортного запаздывания τ от

ее нормированной величины τ_0 . Полученные данные используются для идентификации запаздывания переходной характеристики $h_1(t)$ объекта управления вида:

$$h_1(t) = 1(t - \tau), \quad (27)$$

где t – реальное время, которое используется для корректировки модели транспортного запаздывания объекта диагностирования.

Перестройки периода T_0 в параметр T_{II} предусмотрены при отклонениях нормированного значения запаздывания τ_0 в известном интервале

$$\tau_1 \geq \tau_0 \geq \tau_2, \quad (28)$$

$$T_1 \geq T_{но} \geq T_2, \quad (29)$$

где τ_1, τ_0, τ_2 – максимальное, минимальное и нормированное значения времени запаздывания объекта, соответственно; $T_1, T_{но}, T_2$ – максимальный, минимальный и нормированный периоды тестового сигнала, соответственно.

Формирование скорректированного периода T_{II} тестового сигнала от рассогласования $\Delta\tau$

$$\Delta\tau = \tau - \tau_0, \quad (30)$$

$$T_{II} = T_0 + \Delta\tau, \quad (31)$$

позволяет учесть полученные данные в модели запаздывания объекта контроля, выполнить компенсацию этого параметра и устранить влияние величины Y_1

$$Y_1(t) = f(\tau), \quad (32)$$

зависящей от τ .

При формировании скорректированного периода T_{II} используется масштабирование величин τ и τ_0 , и учитывается взаимосвязь постоянной времени реального объекта управления T_p со временем транспортного запаздывания, чтобы исключить реализацию условия

$$|\Delta\tau| > 2T_p, \quad (33)$$

когда система может быть неустойчивой.

Контроль динамических свойств объекта управления осуществляется путем анализа интегральной X_{II}

$$X_{II} = \frac{1}{T_{II}} \int y dt \quad (34)$$

и дифференциальной $X_{Д}$ составляющих

$$X_{Д} = T_{Д} \frac{dy}{dt}, \quad (35)$$

где T_{II} – время интегрирования; $T_{Д}$ – время дифференцирования переходного процесса реального объекта при реализации тестового режима; y – выходная величина; t – время.

Поскольку величины T_{II} и $T_{Д}$ при определении X_{II} , $X_{Д}$ выбираются постоянными, то, очевидно, что отклонение переходного процесса в реальном объекте управления от аналогичного – в нормированных условиях будет сопровождаться варьированием значений X_{II} и $X_{Д}$ в некоторых пределах:

$$\Delta X_{II} = X_{II} - X_{II0}; \quad (36)$$

$$\Delta X_{Д} = X_{Д} - X_{Д0}, \quad (37)$$

где X_{II0} , $X_{Д0}$ – интегральная и дифференциальная компоненты тестового переходного процесса при нормированных условиях эксплуатации технологического объекта; ΔX_{II} , $\Delta X_{Д}$ – отклонение интегральной и дифференциальной составляющих в реальных условиях по сравнению с нормированными условиями эксплуатации объекта.

Различные переходные характеристики $h(t)$ объекта диагностирования используются системой для формирования величин ΔX_{II} , $\Delta X_{Д}$, когда

$$X_{II1} > X_{II0} > X_{II2}; \quad (38)$$

$$X_{Д1} > X_{Д0} > X_{Д2}. \quad (39)$$

Кроме того, полученные параметры ΔX_{II} и $\Delta X_{Д}$ можно использовать для идентификации переходной характеристики $h_2(t)$ объекта, например, вида:

$$h_2(t) = k_p - \exp\left(-\frac{t}{T_p}\right), \quad (40)$$

сравнение управляемой величины $Y(t)$ с ее заданным значением $Y_3(t)$. Если в результате сравнения $Y(t)$ и $Y_3(t)$ имеет место разница между ними формируется сигнал ошибки $\varepsilon(t)$, который поступает на второй сумматор 3 и далее на регулятор 4 и исполнительное устройство 5, которое изменяет управляющее воздействие на объект управления 6. Вместе с этим, сигнал с регулятора поступает на модель объекта управления, которая представляет собой соединенные последовательно модель объекта без запаздывания 7 и модель транспортного запаздывания 8. Если компоненты модели объекта адекватны реальному объекту управления, то сигнал, поступающий с нее на третий сумматор 9 не окажет влияние на выходной сигнал второго сумматора 3, поступающий на вход регулятора 4. При несоответствии времени запаздывания реального объекта управления 6 и модели транспортного запаздывания 8 сигнал ошибки $\varepsilon(t)$ будет зависеть от этого фактора, в связи с чем, в блоке 10 произойдет вычисление ошибки времени запаздывания и формирование сигнала пропорционального этой величине, который с его выхода поступит на вход блока 11, где преобразуется в сигнал перестройки модели транспортного запаздывания 8. Сигнал ошибки с блока 10 поступает также на второй вход формирователя 1 тестового сигнала. В результате этого выполнится перестройка модели транспортного запаздывания 8, что обеспечит ее адекватность реальному объекту и осуществится коррекция периода тестового сигнала. Для повышения точности определения ошибки времени запаздывания объекта в системе управления сигналы от исполнительного устройства 5 и дифференциатора 12 анализируются в блоке 13 перестройки тестового сигнала, на выходе которого формируется сигнал пропорциональный текущему времени запаздывания. Далее этот сигнал подается на второй вход блока 10 вычисления ошибки времени запаздывания и второй вход формирователя 1 тестового сигнала для учета его при формировании соответствующих выходных сигналов с блоков 1 и 10. Оценку динамических свойств объекта управления в системе осуществляют путем анализа переходного процесса вызванного тестовым сигналом. Для этого при тестовом возмущении на входе объекта управления выходные сигналы, формируемые дифференциатором 12 и интегратором 14, подключенными к выходу объекта управления, подаются на входы блока 15 перестройки модели объекта управления без запаздывания, на выходе которого формируется сигнал, который подается на второй вход модели объекта управления без запаздывания 7 для коррекции параметров модели. Коррекция параметров модели 7 позво-

ляет устранить рассогласование между динамическими свойствами модели объекта и ее физическим оригиналом, что способствует повышению качества регулирования технологического процесса. Таким образом, в результате достижения адекватности модели объекта управления без запаздывания γ и модели транспортного запаздывания δ реальному объекту управления обеспечивается более точная компенсация отклонения $\mathcal{E}(t)$ выходной ординаты $Y(t)$ от ее заданного значения $Y_z(t)$, а система остается устойчивой в широком интервале изменения транспортного запаздывания и динамических параметров объекта управления.

Особенностью рассмотренного подхода является возможность создания комплексной системы диагностирования электромеханического оборудования подвижного транспорта [13]. На рис.3 приведен интерфейс варианта такого Windows-приложения, входящего в пакет программы SinSys [14] для компьютера. Программа иллюстрирует возможность создания типовой многопараметрической системы диагностирования, например, подвижного транспорта. Данное техническое решение в автоматическом или ручном режиме обеспечивает предварительную диагностику, например, потенциала на корпусе троллейбуса, системы тормозов, пневматического оборудования, узлов трансмиссии, электрооборудования и др. во время обслуживания подвижной единицы (ПЕ) в моечно-уборочном корпусе депо.

Результаты сравнения заданных контролируемых величин с их нормированными значениями регистрируются компьютерной системой в электронном журнале, выводятся на экран монитора или на печать в виде «Справки экспресс-диагностирования». Очевидно, что «Справка» – бумажный фрагмент электронных записей вместе с конкретной ПЕ передается в депо, где при ежедневном техническом обслуживании записи анализируются и при необходимости программа обслуживания ПЕ соответствующим образом корректируется.

Поскольку программа экспресс-диагностирования может изменяться или задаваться по выбранному алгоритму вручную, то рассмотренная система может найти широкое распространение на любых установках диагностирования, включая и устаревшие.

Залогом успешного совершенствования функционирующих установок диагностирования является современная база приемных элементов различных отечественных и зарубежных производителей, а также постоянно возрастающие возможности программируемых контроллеров.

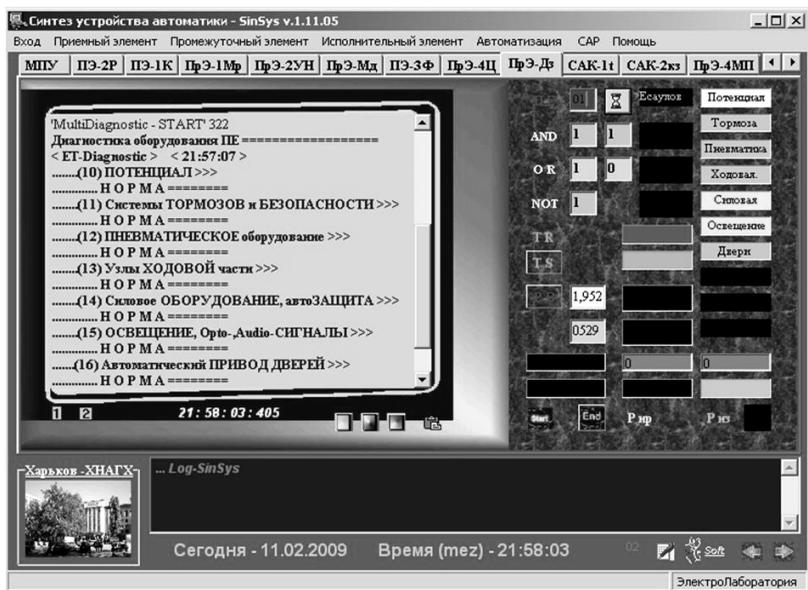


Рис.3 – Интерфейс экспериментальной программы экспресс-диагностирования подвижного транспорта

Таким образом, рассмотрен подход моделирования динамических свойств фотометрического приемного элемента, входящего в состав эталонной модели объекта, диагностирование которого осуществляется с помощью оптического анализатора.

Нами предложен вариант адаптивной системы диагностирования электромеханического оборудования, обеспечивающей компенсацию транспортного запаздывания и корректировку параметров эталонной модели для достижения адекватности ее реальному объекту.

Иллюстрируется программное обеспечение для экспресс-диагностирования подвижного транспорта с помощью компьютера, которое в автоматическом или ручном режиме реализует контроль нескольких технологических величин и формирует заключение об исправности различных узлов и механизмов подвижного транспорта в виде справки перед выполнением ежедневного технического обслуживания.

1. Орел А. Удаленный контроль // www.automationworld.com.ua.
2. Хазаров А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высш. шк., 1990. – 208 с.
3. Вовк П. Особенности применения дельта-сигма АЦП // www.hella.com.
4. Промышленные контроллеры // www.maxim-ic.com.

5. Маргелов А. Датчики положения на эффекте Холла // www.sibert.de.
6. Браун М., Раутани Д., Патил Д. Диагностика и поиск неисправностей электрооборудования и цепей управления. – М.: Додэка - XXI, 2007. – 328 с.
7. Таланчук П.М., Голубков С.П., Маслов В.П. и др. Сенсоры контрольно-измерительной техники. – К.: Техніка, 1991. – 175 с.
8. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Шавкун В.М. Проектирование эталонной модели для системы диагностирования оборудования на транспорте // Восточно-европейский журнал. – 2008. – Вып.6/2(36). – С.39-42.
9. Патент України №65746 А 7 G 01 J 1/44. Фотометр / Есаулов С.М., Осадчий Р.М., Таран О.А. – 15.04.2004. Бюл.№4.
10. Волович Г. Измерительный мост с переключаемой диагональю измерений // www.remserv.ru.
11. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Иванской С.І Автоматизация контроля исправности оборудования на объектах электротранспорта // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.76. – К.: Техніка, 2007. – С.359-363.
12. Заявка на патент України № u200900040 від 5.01.2009. МПК G 05 B 13/02. Система керування технологічним об'єктом / Есаулов С.М., Бабичева О.Ф., Шавкун В.М., Бабаков С.В., Савостьян О.О.
13. Есаулов С.М., Бабичева О.Ф. Программные средства для проектирования автоматизированных технологических объектов. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2008. – С.234-239.
14. Есаулов С.М. SinSys – учебная программа для домашнего ПК студента // Матеріали Всеукр. наук.-метод. семінару «Комп'ютерне моделювання в освіті». – Кривий Ріг, 2006. – С.234.

Получено 18.02.2009

УДК 656.13 : 658

А.Н.ГОРЯИНОВ, канд. техн. наук, Т.Ю.ИВЧЕНКО
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В РАБОТЕ СКЛАДА

Приводится классификация подходов к транспортной составляющей. Предложена общая схема логистической цепи, основанная на транспортных связях. Приведены модели определения оценки работы транспорта.

Эффективность логистической системы зависит не только от совершенствования и интенсивности промышленного и транспортного производства, но и складского хозяйства [1]. Для каждого предприятия важным аспектом является рациональная организация складского хозяйства. В свою очередь складское хозяйство является сложной системой, в которую входит ряд подсистем, в том числе и транспортная подсистема. На данный момент методики организации работы транспорта на складе недостаточно изучены, следовательно, актуальным является их дальнейшее рассмотрение.

В исследованиях устройства складской системы в основном внимание уделено системе складирования, размещению запасов, способу их хранения, обработке информации, эффективности использования