

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 519.65:531.7.08

А.П. Локтионов, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: loara@mail.ru)

ОБРАТНАЯ НАЧАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ПРИ ПОСТОЯННОЙ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКЕ

Представлена модель измерений второй производной преобразуемой функции для преобразовательно-вычислительной обратной начальной задачи при постоянной внешней нагрузке с оптимизацией неопределенности результатов измерений. Оптимизация при низкой точности задания интервала внешней нагрузки достигается регуляризацией распределения измерительных преобразователей. Получены решения задачи экспериментально-расчетного определения опорного момента консольной балки, в том числе с оптимальным выбором координат отсчетов и параметров преобразования отсчетов при недостаточной точности задания длины консольной балки. Для инженерного расчета получены формулы для оценки погрешности определения опорного момента консольной балки при заданной погрешности измерительных преобразователей.

Ключевые слова: измерительная система, функция, обратная задача, аппроксимация, редукция измерений, измерительный преобразователь, модель измерений.

Введение

В последние годы значительное внимание уделяется построению измерительных систем мониторинга состояния сложных технических объектов [1, 2]. Оптимальное размещение измерительных преобразователей является неотъемлемой составляющей в развитии эффективного структурного мониторинга строительных конструкций [3]. Исследуются варианты расположения опорных точек измерения вдоль оси пролета конструкции [4]. Исследуется также расположение измерительного преобразователя на балке [5, 6]. В технических приложениях по сигналам измерительных преобразователей решением обратной задачи вычисляют неизмеряемые входные данные расчетной схемы, уточняют начальные условия, допускающие их зависимость от внешней нагрузки [7, 8]. Эффективным инструментом повышения точности решения обратных задач контроля непосредственно неизмеряемых характеристик объекта является аппарат редукции измерений. Достоинства применения таких методов изложены в [7, 9]. Пример процедуры

решения обратной задачи строительной механики с измерением кривизны балки и последующим вычислением характеристик балки, в частности изгибающих моментов, действующих в балке, дан в [10]. Авторы отметили низкую точность определения кривизны вблизи концов балки методом полиномиального приближения с использованием измерительной агрегации шести измерительных преобразователей. Изучается совместное применение в информационно-измерительной системе (ИИС) полиномиальных методов лагранжевой аппроксимации второй производной функции прогиба и редукции измерений при экспериментально-расчетном определении деформативных характеристик элементов строительных конструкций [11]. Редукция измерений позволила определять опорный изгибающий момент консольной прямоосной упруго-изгибаемой балки, нагруженной изгибающим моментом, если не заданы начальные условия задачи. Определение изгибающего момента балки реализовано лагранжевой аппроксимацией второй производной функции прогиба при дискрети-

зации измеряемых прогибов в отсчетных точках и численном дифференцировании в ИИС. Оптимизация величины неопределенности решения задачи со ступенчатой нагрузкой при низкой точности задания интервала решения достигается увеличением числа измерительных преобразователей и регуляризацией их распределения [12].

Цель данной работы – совершенствование метода экспериментально-расчетного определения начального параметра в обратной начальной задаче при постоянной внешней нагрузке при низкой точности задания интервала внешней нагрузки. При этом должны быть достигнуты предельные оптимальные соотношения в агрегации измерительных преобразователей по классу преобразования, а также количеству и размещению преобразователей на объекте.

1. Учет величины неопределенности задания замкнутого интервала с распределенной внешней нагрузкой при одном отсчете преобразуемой функции

При восстановлении непосредственно не измеряемой целевой характеристики элемента строительной конструкции рассматриваем начальную задачу, представляемую функцией

$$y^{IV}(x) = \frac{q}{EI}, \quad (1)$$

где q – интенсивность распределенной внешней нагрузки на ограниченном замкнутом интервале $[0, 1]$ длиной l ;

EI – жесткость поперечного сечения балки на изгиб.

Разберем задачу (1) в отсутствии ступенчатой внешней нагрузки на дифференциальные уравнения второго и тре-

тьего порядка, сходные с уравнением (1). Тогда задача (1) сводится к задаче

$$y'' = \xi_2(1-x/l)^2, \quad (2)$$

где ξ_2 – подлежащая определению функция, решение обратной начальной задачи, начальный параметр преобразуемой функции $y(x)$.

Задаем функцию $y(x)$ конечным значением (отсчетом) $y^*(x_1)$ на частичном интервале $[a, b]$ интервала $[0, 1]$. Здесь и далее надстрочный индекс * учитывает на неопределенность измерения или вычисления значения функции. Рассматриваем технически реализуемые задачи, когда для учета принципа Сен-Венана измерительные преобразователи размещают вне зоны закрепления балки, тогда интервал $[a, b]$ в частности по [7] имеет вид

$$0,05l = a \leq x \leq b = 0,95l.$$

Задача (2) для балки Бернулли имеет частные решения [13]

$$y(x_i) = \xi_0 + \xi_1 x_i + \xi_2 \frac{x_i^2}{2} K_i, \quad (3)$$

где ξ_0, ξ_1 – начальные параметры функции $y(x)$ (ξ_0 – осадка опоры, ξ_1 – угол поворота опорного сечения опоры);

$$K_i = 1 - 2x_i/3l + x_i^2/6l^2.$$

Начальные условия решения (3) имеют вид $y_0 = \xi_0, y'_0 = \xi_1, y''_0 = \xi_2 = M_0/EI$, где M_0 – опорный изгибающий момент ($M_0 = -ql^2/2$).

Обратная начальная задача $\xi_2 = 2(y^*(x_1) - \xi_0 - \xi_1 x_1)/K_1 x_1^2$ при одном отсчете $y^*(x_1)$ имеет абсолютную меру структурной неопределенности

$$\min (v_{\Delta})_{\xi_2, y} = \min \frac{\Delta_m \xi_2}{\Delta_m y(x_1)}, \quad (4)$$

равную $4,3/l^2$ при оптимальном $x_1 = 0,95l$, относительная мера структурной неопределенности

$$\min (v_\delta)_{\xi_2 y} = \min \frac{\delta_m \xi_2}{\varepsilon_y} \quad (5)$$

равна единице. В формулах (4), (5) и далее символы Δ_m и δ_m при функции означают верхние границы соответственно абсолютного и относительного значения неопределенности функции; ε_y – значение приведенной неопределенности измерения $y(x)$ (сигнала канала связи совместно с измерительным преобразователем).

При анализе влияния параметра l учитываем соотношения,

$$K_1^* = K_1 + \Delta K_1 = 1 - 2x_1/3l^* + x_1^2/6l^{*2},$$

$$\Delta_m l = \varepsilon_l = \max |l^* - l| \geq |\Delta l| = |l^* - l|,$$

$\Delta_m \xi_2 = \max |\xi_2^* - \xi_2| \geq |\Delta \xi_2| = |\xi_2^* - \xi_2|$ и систему уравнений:

$$\xi_2^* = 2 \frac{y(x_1) - \xi_0 - \xi_1 x_1}{K_1^* x_1^2}, \quad (6)$$

$$(v_\delta)_{\xi_2 l} = \frac{\delta_m \xi_2}{\varepsilon_l}, \quad \delta_m \xi_2 = \frac{\Delta_m \xi_2}{|\xi_2|}.$$

Заменяем частные приращения на частные дифференциалы в сложной функции $\xi_2 = f(y, l, \dots)$ в системе уравнений (6), находим ее полную производную по l , получаем абсолютное число структурной неопределенности задачи по l

$$(v_\Delta)_{\xi_2 l} = \frac{\Delta_m \xi_2}{\Delta_m l} = \left| (\xi_2)_l' \right| = \frac{(2 - x_1/l)x_1 |\xi_2|}{3l^2 K_1}$$

и относительное число

$$(v_\delta)_{\xi_2 l} = \frac{\Delta_m \xi_2}{|\xi_2|} \bigg/ \frac{\Delta_m l}{l} = \frac{(2 - x_1/l)x_1}{3l K_1}.$$

Для $x_1 = 0,951$ абсолютное число структурной неопределенности задачи по l равно 0,64 ξ_2/l , относительное число равно 0,64. В вычислительном эксперименте при исходных данных $l = 1,2$ м, $\xi_0 = 0,003$ м, $\xi_1 = 0,002$ рад, $\xi_2 = 0,9$ м⁻¹, $\varepsilon_y = 1\%$, неопределенность условий силового введения $\varepsilon_l = 2\%$ получены результаты: $(v_\Delta)_{\xi_2 l} = 0,69/l^2$, $(v_\delta)_{\xi_2 l} = 0,63$, $\varepsilon_{\xi_2 l} = 1,3\%$,

может быть достигнута приведенная неопределенности определения опорного момента $\varepsilon_{\xi_2} = 2,3\%$.

2. Учет величины неопределенности задания замкнутого интервала при двух отсчетах преобразуемой функции

При низкой точности задания параметра l рассматриваем задачу с известными значениями начальных параметров ξ_0 и ξ_1 , включаем l в число независимых переменных. Тогда двух значений $y(x_1)$ и $y(x_2)$ достаточно для определения значения ξ_2^* . Относительно l функция ξ_2^* с учетом соотношений (6) не является многочленом, что не позволяет применить лагранжеву одномерную аппроксимацию первой степени, выбор оптимальных узлов аппроксимации в точках чебышевского альтернанса, например по [12] или [14].

Вместе с непосредственно не измеряемой целевой характеристикой объекта ξ_2 , связанной с M_0 , в значения отсчетов $y^*(x_i)$ прогиба преобразуется и совокупность других аргументов, характеризующих влияющие величины, в том числе относящиеся к внешней среде. Редукцией измерений получаем приближение к функции ξ_2 – функцию ξ_2^* с минимальным значением ее неопределенности.

2.1. Модель измерений начального параметра ξ_2 преобразуемой функции $y(x)$:

$$\lambda^* = \lambda + \Delta \lambda = \frac{y^*(x_2) - \xi_0 - \xi_1 x_2}{y^*(x_1) - \xi_0 - \xi_1 x_1} \frac{x_1^2}{x_2^2}, \quad (7)$$

$$l^* = \frac{(x_2 - \lambda^* x_1)}{3(1 - \lambda^*)} + \sqrt{\frac{(x_2 - \lambda^* x_1)^2}{9(1 - \lambda^*)^2} - \frac{x_2^2 - \lambda^* x_1^2}{6(1 - \lambda^*)}},$$

$$K_2^* = K_2 + \Delta K_2 = 1 - \frac{2x_2}{3l^*} + \frac{x_2^2}{6l^{*2}},$$

$$\xi_2^* = 2 \frac{y^*(x_2) - \xi_0 - \xi_1 x_2}{K_2^* x_2^2}.$$

Второе уравнение в системе (7) есть результат решения системы из первого уравнения в (7) и уравнения $\lambda^* = K_2^*/K_1^*$.

Последовательность формул в их записи в модели (7) есть алгоритм вычисления значения ξ_2^* по измеренным значениям $y^*(x_1)$ и $y^*(x_2)$ в предварительно выбранных точках x_1 и x_2 .

2.2. Меры структурной неопределенности задачи.

Рассматриваем ξ_2^* как сложную функцию, находим частные производные функций (7). Заменяем дифференциалы искомой сложной функции $\xi_2^* = f((y(x_1), y(x_2)))$ и ее аргументов в системе (7) приращениями, получаем:

$$\Delta \xi_2 = \frac{1}{l^2} \sum_{i=1}^2 A_i |\Delta y(x_i)|,$$

где $A_1 = (\xi_2)_{y_1}' = \frac{2\lambda^2(2-x_2/l)}{3K_2x_2} l_{\lambda}'$;

$$A_2 = (\xi_2)_{y_2}' = \frac{2l^2}{K_2x_2^2} + \frac{2\lambda^2(2-x_2/l)x_2}{3K_2x_1^2} l_{\lambda}'$$

$$l_{\lambda}' = \frac{x_2 - x_1}{3(1-\lambda)^2} + (1 + B/C);$$

$$B = \frac{2(x_2 - \lambda x_1)}{3(1-\lambda)} - \frac{x_2 + x_1}{2};$$

$$C = 2\sqrt{\frac{(x_2 - \lambda x_1)^2}{9(1-\lambda)^2} - \frac{x_2^2 - \lambda x_1^2}{6(1-\lambda)}}.$$

Следовательно, формула расчета значения верхней границы абсолютной неопределенности определения ξ_2 по двум отсчетным точкам имеет вид:

$$\Delta_m \xi_2 = \frac{1}{l^2} \sum_{i=1}^2 |A_i| \Delta_m y(x_i). \quad (8)$$

Отсчеты $y^*(x_i)$ могут выполняться в классах p - и p_i -преобразования, определения которых даны, например в [7]. При p -преобразовании для верхней границы

абсолютной неопределенности измерения отсчетов $y^*(x_i)$ выполняется соотношение

$$\Delta_m y(x_i) = \varepsilon_y y_p, \quad (9)$$

где y_p – верхняя граница $\sup |y^*(x_i)|$ на компактном наборе вещественных чисел $\{y^*(x_1), y^*(x_2)\}$. При p_i -преобразовании выполняется соотношение

$$\Delta_m y(x_i) = \varepsilon_y |y(x_i)|. \quad (10)$$

Рассматриваем процедуру использования редукции измерений в терминах и обозначениях предлагаемой методики. В качестве критериев оценивания эффективности решения задачи редукции измерений используем абсолютное v_{Δ} и относительное v_{δ} число обусловленности задачи редукции по соотношениям:

$$\Delta_m \xi_2 \leq v_{\Delta} \sup \Delta_m y(x_i), \quad (11)$$

$$\delta_m \xi_2 \leq v_{\delta} \varepsilon_y. \quad (12)$$

Предельные оптимальные соотношения в агрегации измерительных преобразователей достигаются регуляризацией агрегации с получением минимального числа обусловленности задачи редукции измерений – меры структурной неопределенности решения задачи.

Регуляризация состоит в выборе класса преобразования измерительных преобразователей и сигнала канала связи в ИИС, а также координат размещения измерительных преобразователей на интервале $[a, b]$.

2.3. Выбор оптимальных координат точек x_1 и x_2 размещения измерительных преобразователей с p -преобразованием.

Вводим обозначение безразмерных координат $\alpha_i = x_i/l$.

Утверждение 1. Пусть на интервале $[a, b]$ два отсчета функции (3) выполняются p -преобразованием, причем $y_p = |y(x_2)|$. Тогда абсолютное число обуслов-

ленности задачи определения ξ_2 представимо функцией

$$v_{\Delta} = \frac{1}{l^2} \sum_{i=1}^2 |A_i|, \quad (13)$$

принимаяющей наименьшее значение при распределении координат

$$\alpha_1 = 0,49, \alpha_2 = 0,95. \quad (14)$$

Доказательство. Разрешив систему уравнений (8), (9), (11) и $y_p = |y(x_2)|$ получаем абсолютное число обусловленности задачи по формуле (13). Регуляризуем задачу с абсолютным числом обусловленности (13) численным методом. Функция (13) принимает наименьшее значение $21/l^2$ – абсолютную меру обусловленности задачи при распределении координат (14).

Утверждение 2. Пусть на интервале $[a, b]$ два отсчета функции (3) выполняются p -преобразованием, причем $y_p = |y(x_2)|$. Тогда относительное число обусловленности задачи определения ξ_2 представимо функцией

$$v_{\delta} = \frac{K_2 x_2^2}{2l^2} \sum_{i=1}^2 |A_i|, \quad (15)$$

принимаяющей наименьшее значение при распределении координат

$$\alpha_1 = 0,49, \alpha_2 = 0,91. \quad (16)$$

Замечание 1. Утверждение 2 доказывается методом доказательства утверждения 1.

У задачи при (16) относительная мера структурной погрешности равна 7,03 (рис.). Без регуляризации, например, при $0,125 > \alpha_1 < 0,850$ относительное число обусловленности задачи превышает значение 35.

2.4. Выбор оптимальных координат точек x_1 и x_2 размещения измерительных преобразователей с p -преобразованием.

Утверждение 3. Пусть на интервале $[a, b]$ два отсчета функции (3) выполня-

ются p -преобразованием. Тогда абсолютное число обусловленности задачи определения ξ_2 представимо функцией $v_{\Delta} = \sum_{i=1}^2 |A_i K_i x_i^2| / K_2 x_2^2 l^2$, принимающей наименьшее значение при распределении координат

$$\alpha_1 = 0,05, \alpha_2 = 0,95. \quad (17)$$

Регуляризуем задачу численным методом. Абсолютная мера структурной погрешности задачи – $14,7/l^2$.

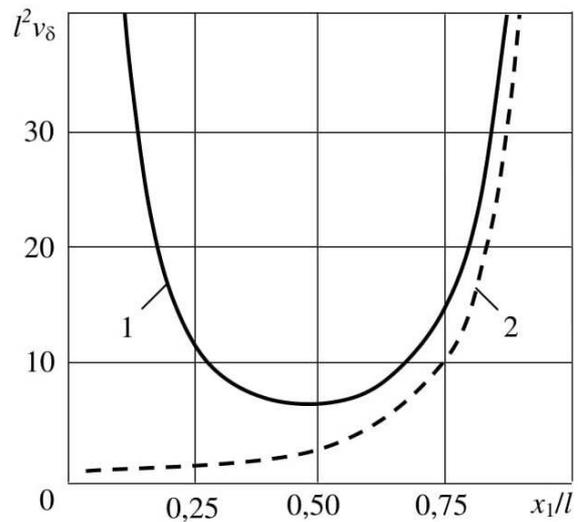


Рис. Зависимость числа обусловленности от координаты первого отсчета: 1 – по уравнению (15); 2 – по уравнению (18)

Утверждение 4. Пусть на интервале $[a, b]$ два отсчета функции (3) выполняются p -преобразованием. Тогда относительное число обусловленности задачи определения ξ_2 представимо функцией

$$v_{\delta} = \frac{1}{2l^2} \sum_{i=1}^2 |A_i K_i x_i^2|, \quad (18)$$

принимаяющей наименьшее значение при распределении координат (17).

Результат регуляризации – относительная мера структурной погрешности 1,1 (см. рис.). При $0,75 < \alpha_1$ относительная мера превышает значение 10.

Обсуждение результатов и выводы

Область применения результатов исследования – методы аппроксимации в ИИС непосредственно не измеряемой характеристики объекта. Использование редукиции измерений минимизирует числа обусловленности задачи. Оптимизация при низкой точности задания интервала задания решения достигается регуляризацией распределения измерительных преобразователей. Достигнуты предельные оптимальные соотношения в преобразовательной агрегации по классу преобразования, количеству и размещению измерительных преобразователей на измеряемом объекте – размещению одного, двух преобразователей с разными преобразованиями. При проектировании ИИС с низкой точностью задания интервала внешней нагрузки в зависимости от требуемого уровня неопределённости определения искомой функции следует принимать решение о применении одного измерительного преобразователя или для понижения значения минимального числа обусловленности задачи использовать более сложную в реализации аппроксимацию с ρ -преобразованием двух отсчётов.

Список литературы

1. Дмитриенко А. Г., Блинов А. В., Новиков В. Н. Распределенная интеллектуальная система мониторинга состояния сложных технических объектов // Измерительная техника. – 2015. – № 4. – С. 16–21.
2. Huang H. B., Yi T. H., Li H. N. Canonical correlation analysis based fault diagnosis method for structural monitoring sensor networks // Smart Struct. Syst. – 2016. – V. 17. N 6. – P. 1031-1053.
3. Zhou G. D., Yi T. H., Zhang H., Li H. N. Optimal sensor placement under uncertainties using a nondirective movement glowworm swarm optimization algorithm // Smart Struct. Syst. – 2015. – V. 16. N 2. – P. 243-262.
4. Lü C., Liu W., Zhang Y., Zhao H. Experimental Estimating Deflection of a Simple Beam Bridge Model Using Grating Eddy Current Sensors // Sensors. – 2012. – V. 12. N 8. – P. 9987–10000.
5. Локтионов А.П. Обзор и анализ способов и устройств измерения поперечной изгибной нагрузки на элементы шасси / Курск. политехн. ин-т. – Курск, 1991. – 45 с. – Деп. В ЦНТИ ГА 15.09.91, № 835-га91.
6. Dung C. V., Sasaki E. Numerical Simulation of Output Response of PVDF Sensor Attached on a Cantilever Beam Subjected to Impact Loading // Sensors. – 2016. – V. 16. N 5. P. 601–614.
7. Локтионов А. П. Принцип построения системы управления исследованиями и испытаниями механических конструкций на основе редукиции преобразований // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 6. – С. 57 - 61.
8. Локтионов А. П. Решение информационно-измерительной системой обратной начальной задачи с лагранжевой аппроксимацией // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 1 (64). – С. 20-26.
9. Зеленкова М. В., Скрипка В. Л. Перспективы совершенствования способов калибровки при использовании аппарата редукиции измерений // Измерительная техника. – 2015. – № 5. – С. 14–17.
10. Liew S. S., Choo E. L. Bending Moment Interpretation Of Structural Element With Measured Deflection Profile. Gue & Partners Sdn Bhd. Kuala Lumpur. 2004. Malaysia. – URL: <http://www.gnpgeo.com.my/>

download/publication/2004_05.pdf (дата обращения 05.11.2016).

11. Loktionov A. P. Regularization of the lattice time function of the signal in the communication channel // Telecommunications and Radio Eng. – 2013. – V. 72. N 2. – P. 161-171.

12. Локтионов А.П. Экспериментально-расчетный метод определения опорного момента консольной балки // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 2. – С. 15–19.

13. Локтионов А. П. Перемещения при изгибе стержней / Курск. политехн. ин-т. – Курск, 1981. – 16 с. – Деп. В ВИНИТИ 29.04.81. № 1944-81 Деп.

14. Локтионов А. П., Максимов Ю.А., Титов В. С. О численном дифференцировании в обратной задаче Коши // Сварка и родственные технологии в машиностроении и электронике: региональный сб. науч. тр. – Вып. 4. – Курск, 2002. – С. 263-268.

Получено 23.11.16

A.P. Loktionov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: loapa@mail.ru)

INVERSE INITIAL PROBLEM AT A CONSTANT EXTERNAL LOAD

The article presents a model of measuring the second derivative of the transformed function for transforming computational inverse initial problem at a constant external load with optimization of the uncertainty of measurement results. Optimization, when the accuracy of the external load interval is low, is achieved by the regularization of instrument transducers distribution. The solutions of the problem for experimental and computational determination of the cantilever beam support moment, including the optimal choice of coordinate references and reference transformation parameters when the cantilever beam length is not specified precisely. For engineering calculation, the formulas for estimating the accuracy of the cantilever beam support moment determination at a given error of instrument transducers are obtained.

Key words: measuring system, function, inverse problem, approximation, reduction of measurements, instrument transducer, measurement model.

Reference

1. Dmitrienko A. G., Blinov A. V., Novikov V. N. Raspredelelnaja intellektual'naja sistema monitoringa sostojanija slozhnyh tehnicheskikh ob#ektov // Izmeritel'naja tehnika. – 2015. – № 4. – S. 16–21.

2. Huang H. B., Yi T. H., Li H. N. Canonical correlation analysis based fault diagnosis method for structural monitoring sensor networks // Smart Struct. Syst. – 2016. – V. 17. N 6. – P. 1031-1053.

3. Zhou G. D., Yi T. H., Zhang H., Li H. N. Optimal sensor placement under uncertainties using a nondirective movement glowworm swarm optimization algorithm // Smart Struct. Syst. – 2015. – V. 16. N 2. – P. 243-262.

4. Lü C., Liu W., Zhang Y., Zhao H. Experimental Estimating Deflection of a Simple Beam Bridge Model Using Grating Eddy Current Sensors // Sensors. – 2012. – V. 12. N 8. – P. 9987–10000.

5. Loktionov A.P. Obzor i analiz sposobov i ustrojstv izmerenija poperechnoj izgibnoj nagruzki na jelementy shassi / Kursk. politehn. in-t. – Курск, 1991. 45 с. – Деп. В CNTI GA 15.09.91, № 835-ga91.

6. Dung C. V., Sasaki E. Numerical Simulation of Output Response of PVDF Sensor Attached on a Cantilever Beam Subjected to Impact Loading // Sensors. – 2016. – V. 16. N 5. – P. 601–614.

7. Loktionov A. P. Princip postroenija sistemy upravlenija issledovanijami i ispytanjami mehanicheskikh konstrukcij na osnove redukcii preobrazovanij // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2010. – № 6. – S. 57 - 61.

8. Loktionov A. P. Reshenie informacionno-izmeritel'noj sistemoj obratnoj nachal'noj zadachi s lagranzhevoj approksimaciej // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 1 (64). – S. 20-26.

9. Zelenkova M. V., Skripka V. L. Perspektivy sovershenstvovanija sposobov kalibrovki pri ispol'zovanii apparata redukcii izmerenij // Izmeritel'naja tehnika. – 2015. – № 5. – S. 14–17.

10. Liew S. S., Choo E. L. Bending Moment Interpretation Of Structural Element With Measured Deflection Profile. Gue & Partners Sdn Bhd. Kuala Lumpur. 2004. Malaysia. – URL: <http://www.gnpgeo.com.my/>

download/publication/2004_05.pdf (data obrashhenija 05.11.2016).

11. Loktionov A. P. Regularization of the lattice time function of the signal in the communication channel // Telecommunications and Radio Eng. – 2013. – V. 72. N 2. – P. 161-171.

12. Loktionov A.P. Jeksperimental'no-raschetnyj metod opredelenija opornogo momenta konsol'noj balki // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014. – № 2. – S. 15–19.

13. Loktionov A. P. Peremeshhenija pri izgibe sterzhnej / Kursk. politehn. in-t. – Kursk, 1981. – 16 s. – Dep. V VINITI 29.04.81. № 1944-81 Dep.

14. Loktionov A. P., Maksimov Ju.A., Titov V. S. O chislenom differencirovanii v obratnoj zadache Koshi // Svarka i rodstvennye tehnologii v mashinostroenii i jelektro-nike: regional'nyj sb. nauch. tr. – Vyp. 4. – Kursk, 2002. – S. 263-268.

УДК 528.72

И.И. Шуклин, вед. научный сотрудник, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск)
(e-mail: shuklin@nm.ru)

С.А. Мосин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: 22mosin@gmail.com)

С.Ю. Мирошниченко, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: oldguy7@rambler.ru)

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПАРАМЕТРОВ ИХ ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ НА ВРЕМЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МЕСТНОСТИ

В данной статье приведены и описаны экспериментальные исследования влияния свойств данных дистанционного зондирования Земли и параметров их трансформирования на время построения результирующего изображения. Проведение подобного рода исследований обусловлено необходимостью повышения производительности цифровых фотограмметрических станций в области трансформирования космических изображений местности. Из множества свойств исходных данных дистанционного зондирования выделены такие свойства, как формат хранения исходных растровых данных и их внутренняя структура. Аналогично для соответствующих трансформированных изображений местности также выделены их формат и внутренняя структура растровых данных. Среди множества используемых методов и параметров трансформирования изображений местности выделены типы полиномов трансформации и алгоритмов сглаживания. Рассмотрены такие параметры аппаратной платформы, как тип дискового массива и размер кластера файловой системы. Авторами введены