

■ ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ / THE USE OF CERTIFIED REFERENCE MATERIALS

DOI: 10.20915/2077-1177-2017-12-1-37-42

УДК 620.179.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ОЦЕНКИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ

© Лобанова И.С., Калиниченко А.Н., Калиниченко Н.П., Камышева Е.Н.

Физические методы и приборы контроля качества, Институт неразрушающего контроля,
Томский политехнический университет (ФГАОУ ВО «НИ ТПУ»), г. Томск, Российская Федерация
e-mail: konarevai007@tpu.ru

Поступила в редакцию 27 февраля 2017 г., после доработки – 12 марта 2017 г.
Принята к публикации 17 марта 2017 г.

Введение. Капиллярный метод неразрушающего контроля является одним из наиболее широко используемых методов для выявления поверхностных несплошностей в твердых непористых материалах. Данный метод хорошо зарекомендовал себя при поиске дефектов в деталях из любых непористых материалов, в том числе стекла, керамики, пластмассы, магнитных и немагнитных металлах и сплавах. Дефектоскопические материалы и контрольные образцы являются основными средствами капиллярного контроля. Образцы служат для определения работоспособности дефектоскопических материалов и оценки чувствительности технологии контроля.

Цель работы – оценка влияния параметров несплошностей типа трещин в образцах из неметалла для определения возможности применения таких образцов для оценки чувствительности технологии контроля.

Методы исследования. Параметры несплошностей в неметаллических контрольных образцах определяли с помощью микроскопа, затем полученные данные подвергали статистической обработке в соответствии с ГОСТ 8.736–2011 «Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

Результаты. По результатам исследования выявлено, что образцы из неметаллического материала пригодны для определения работоспособности наборов дефектоскопических материалов, а также возможности применения данных образцов для оценки чувствительности капиллярного контроля, так как трещины в образцах получаются практически прямолинейными.

Ключевые слова: неметалл, фольга, вытравливание, контрольный образец, дефектоскопический материал, работоспособность, оценка чувствительности, капиллярный контроль, раскрытие, неразрушающий контроль, поверхностная несплошность, непористый материал, дефект в деталях

Ссылка при цитировании:

Определение возможности применения неметаллических контрольных образцов для оценки работоспособности дефектоскопических материалов и оценки чувствительности капиллярного контроля / И.С. Лобанова [и др.] // Стандартные образцы. 2017. Т. 13. № 1. С. 37–42. DOI 10.20915/2077-1177-2017-13-1-37-42.

For citation:

Lobanova I.S., Kalinichenko A.N., Kalinichenko N.P., Kamysheva E.N. Possibility of using nonmetallic check samples to assess the sensitivity of penetrant testing. *Standartnye obrazcy = Reference materials*, 2017, vol. 13, no. 1, pp. 37–42. DOI 10.20915/2077-1177-2017-13-1-37-42. (In Russ.)

POSSIBILITY OF USING NON-METALLIC CHECK SAMPLES TO ASSESS THE PERFORMANCE OF PENETRANT MATERIALS AND THE SENSITIVITY OF PENETRANT TESTING

© Irina S. Lobanova, Aleksey N. Kalinichenko, Nikolay P. Kalinichenko, Ekaterina N. Kamysheva

Department of Physical methods of Non-destructive testing, Institute of Non-destructive Testing, National Research Tomsk Polytechnic University (NR TPU), Tomsk, the Russian Federation
e-mail: konarevai007@tpu.ru

Received – February 27, 2017; Revised – March 12, 2017

Accepted for publication – 17 March, 2017

Introduction. *Liquid penetrant testing (PT) is one of the most widely used non-destructive testing methods for detecting surface discontinuities in nonporous solid materials. This method has shown good results when looking for defects in details made of any nonporous materials including glass, ceramics, plastic, magnetic or non-magnetic metals or alloys. Penetrant materials and check samples are the main tools for PT. The samples are used to estimate the performance of penetrant materials and to evaluate the sensitivity of the testing technology.*

Aim of the paper. *The paper aims to evaluate the discontinuity parameters, such as cracks, in non-metal samples to determine the feasibility of using these samples to assess the sensitivity of the testing technology.*

Methods. *Discontinuity parameters in non-metallic check samples were determined using a microscope, and then the data was statistically processed in accordance with GOST 8.736-2011 “Multiple direct measurements. Methods of measurement results processing. Main principles”.*

Results. *The conducted study has showed that samples made of non-metallic material can be used to estimate the performance of penetrant families, as well as to assess penetrant testing sensitivity since the cracks in samples are virtually straight.*

Key words: non-metal, foil, etching, check sample, penetrant material, performance, sensitivity evaluation, penetrant testing, opening, non-destructive testing, surface discontinuity, nonporous material, defect in details

Теория

Для оценки качества и определения работоспособности дефектоскопических материалов в капиллярном контроле применяют контрольные образцы с дефектами. В частности, распространены образцы в виде пластин с поперечными трещинами, рассекающими поверхность от торца к торцу или с трещинами, радиально расходящимися от центра. Изготавливают образцы, как правило, из стали. Однако встречаются контрольные образцы из алюминия, латуни и других материалов. Известны образцы с поверхностью, упрочненной химико-термической обработкой – азотированием, цементированием, цианированием, алитированием, термодиффузионным хромированием. Трещины в таких образцах получают путем их изгиба или растяжения [1–7]. В ранних работах Н.П. Калиниченко и соавторов [8–10] был предложен вариант изготовления контрольных образцов из неме-

таллического материала, с заданными параметрами дефекта, такими как ширина, глубина и длина. Дефекты в таких образцах получают путем вытравливания металлической фольги с толщиной, соответствующей разным классам чувствительности капиллярного контроля, из немаetalлического основания, выполненного из эпоксидного материала.

Раскрытие трещин измеряют на металлографическом микроскопе. Размеры дефектов заносят в паспорт на контрольный образец.

Проверку работоспособности материалов оценивают в начале каждой смены или при их замене, то есть при поступлении на участок контроля новой партии материалов. Ее проводят однократно с применением одного-двух образцов с известными трещинами. На образце выполняют технологию капиллярного контроля с использованием испытываемых дефектоскопических

материалов. Работоспособность оценивают по альтернативному признаку – выявлены или не выявлены трещины на образце. Полученный индикаторный рисунок сравнивают с дефектограммой, представленной в паспорте на контрольный образец. При этом обращают внимание на полноту выявления трещин, контраст рисунка, его резкость.

Оценку чувствительности процесса проводят с учетом заданного уровня процесса контроля. Под чувствительностью обычно понимают размер минимального по величине дефекта (ширина), выявляемого данным методом дефектоскопии по принятой технологии. При выполнении экспериментов по оценке порога чувствительности капиллярного контроля вероятность выявления дефектов принимают равной 0,9 при доверительной вероятности 0,95 [11].

Исследования

На примере образцов из неметаллического материала по способу изготовления, предложенного авторами [8–10], оценим, действительно ли они пригодны для оценки работоспособности дефектоскопических материалов и оценки чувствительности процесса капиллярного контроля.

Для проведения исследований была изготовлена партия образцов с запертой единичной трещиной, соответствующей II и III классам чувствительности капиллярного контроля. Ширину трещин измеряли на чистых образцах на микроскопе Meiji Techno MC 50 (Япония) с разрешающей способностью 1 мкм. Затем полученные результаты подвергались статистической обработке.

Согласно методике, представленной в статье А.Ю. Глазкова [11], измерение ширины раскрытия трещин при аттестации образцов, предназначенных для проверки работоспособности дефектоскопических материалов

и оценки чувствительности капиллярного контроля, несколько отличается.

При аттестации образцов для проверки работоспособности дефектоскопических материалов достаточно проводить измерения в 3–5 точках по длине трещины.

Для аттестации образцов, предназначенных для оценки чувствительности технологии контроля, ширину трещин требуется знать точнее. Как правило, трещины имеют небольшие изломы, изгибы и непостоянную ширину. Все это влияет на выявляемость трещин. Поэтому в набор образцов для оценки чувствительности контроля должны подбираться однотипные образцы по возможности с прямыми трещинами. Количество измерений в таком случае составляет 30–60 случайных точек.

Результаты

1) Статистическая обработка результатов измерений параметров образцов для проверки работоспособности

Согласно стандарту ГОСТ 8.736–2011[12] окончательный результат измерений записывают в следующем виде:

$$B \pm \Delta b, P \quad (1)$$

где Δb – границы погрешности измерения, мкм;

$P = 0,95$ – установленная вероятность, с которой погрешность измерения находится в этих границах.

Результаты измерений представлены в табл. 1.

2) Статистическая обработка результатов измерений параметров образцов для оценки порога чувствительности технологии капиллярного контроля

Как описано в работах [1–5], недостатками образцов из металлического материала является то, что непостоянство возникающих в образце напряжений вызывает переменную глубину и ширину раскрытия трещин по их длине. Изгиб эталона в процессе его нагружения приводит к его искривлению, это влечет за собой

Таблица 1. Статистическая обработка результатов измерений для определения работоспособности дефектоскопических материалов на контрольных образцах из неметалла

Table 1. Statistical analysis of measurement results for determining the performance of penetrant materials on non-metal check samples

№ образца	Раскрытие, мкм				Коэффициент вариации, %
	Средняя ширина раскрытия, мкм	Стандартное отклонение при доверительной вероятности $P = 0,95$	Мин.	Макс.	
14ф	17,0	2,5	12,0	22,0	14,7
15ф	22,5	3,0	15,0	28,0	13,3
16ф	18,0	2,5	12,0	23,0	13,8

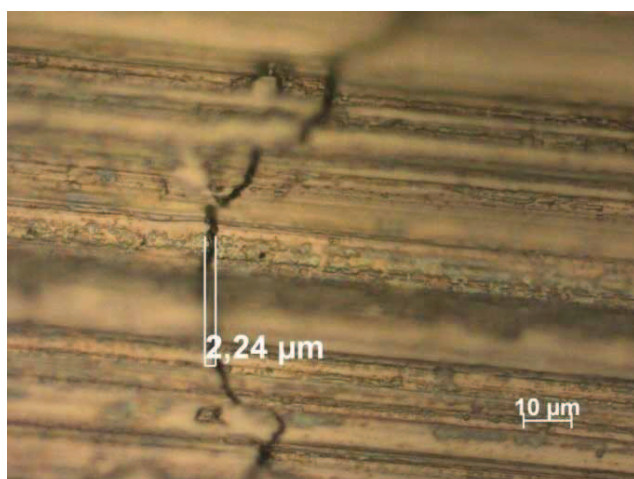


Рис. 1. Трещина в металлическом образце
Fig. 1. A crack in a metal sample

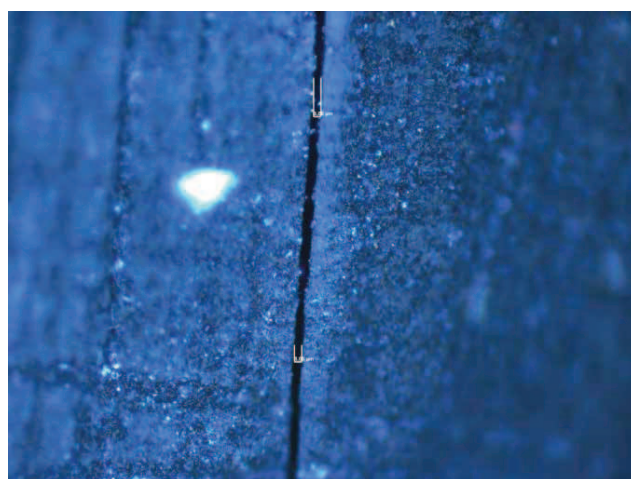


Рис. 2. Трещина в неметаллическом образце
Fig. 2. A crack in a non-metal sample

Таблица 2. Статистическая обработка результатов измерений ширины раскрытия контрольных образцов из неметалла для оценки чувствительности капиллярного контроля

Table 2. Statistical analysis of measurement results for the crack width opening of non-metal check samples to evaluate the sensitivity of penetrant testing

№ образца	Раскрытие, мкм				Коэффициент вариации, %
	Средняя ширина раскрытия, мкм	Стандартное отклонение при доверительной вероятности $P = 0,95$	Мин.	Макс.	
14ф	17,5	2,3	12,0	22,0	6,4
15ф	23,5	2,8	15,0	28,0	8,0
16ф	18,5	2,2	12,0	23,0	12,0

произвольное изменение ширины раскрытия трещин по длине и непрямолинейности получаемого дефекта, что показано на рис. 1.

Контрольные образцы, получаемые путем вытравливания [8–10], позволяют реализовать дефекты с заданными параметрами (шириной раскрытия, длиной и глубиной), что иллюстрирует рис. 2.

При оценке параметров образцов для оценки чувствительности контроля были использованы те же образцы, что и для оценки работоспособности дефектоскопических материалов. Измерения проводились в 50 точках по длине трещины образца. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 3, 4, 5.

Заключение

В статье представлены способы изготовления контрольных образцов для капиллярной дефектоскопии.

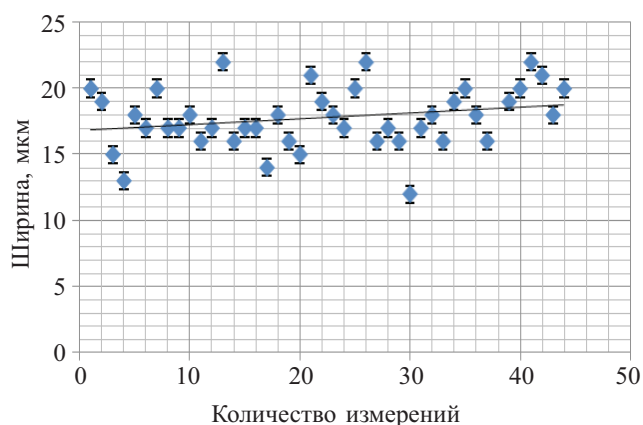


Рис. 3. Контрольный образец 14ф
Fig. 3. Check sample 14f

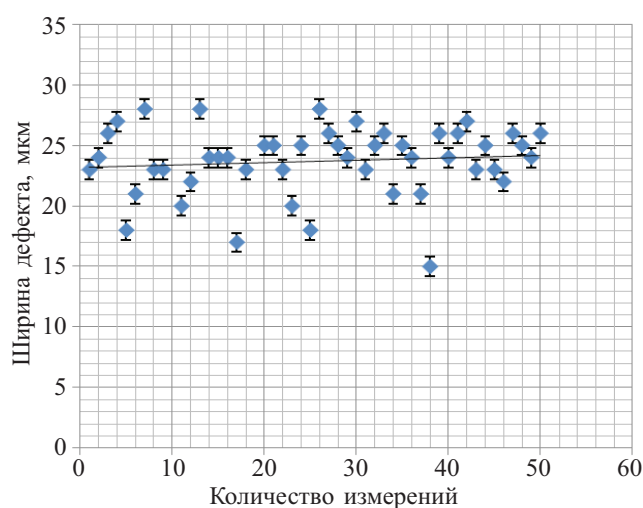


Рис. 4. Контрольный образец 15ф
Fig. 4. Check sample 15f

Способ изготовления неметаллических контрольных образцов, предложенный авторами, позволяет реализовать однотипные образцы со стабильными по длине параметрами трещины.

Приведены результаты исследования по определению возможности применения неметаллических контрольных образцов для определения работоспособности дефектоскопических материалов и оценки чувствительности капиллярного контроля. Способ изготовления контрольных образцов путем вытравливания позволяет реализовать на образце однотипные несплошности с практически прямыми трещинами, что подтверждают полученные коэффициенты

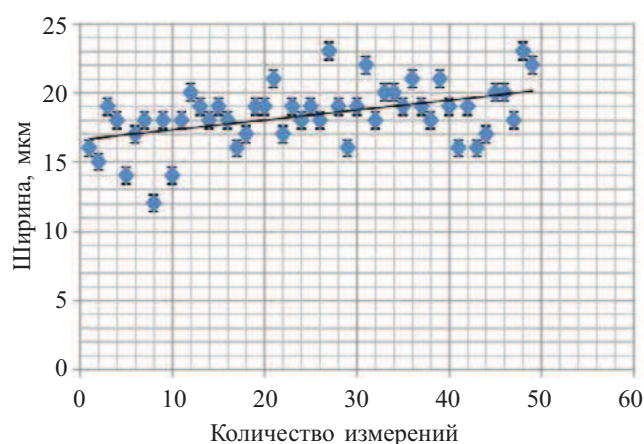


Рис. 5. Контрольный образец 16ф
Fig. 5. Check sample 16f

вариации значений ширины трещины не более 15 %, для измерений, связанных с определением работоспособности дефектоскопических материалов, и около 12 % – для оценки чувствительности капиллярного контроля.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам за детальное рассмотрение рукописи и ценные замечания.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Testing panel for inspection penetrants having of controlled depth and width: пат. U.S. Patent 3791198A; заявл. 27.11.1972; опублик. 12.02.1974, с. 5.
2. Test piece for inspection penetrant performance assessment and comparison U.S. Patent 6729175B2 заявл.14.02.2002; опублик. 04.05.2004, с. 5.
3. Surface penetrant inspection test piece having varying thickness plating: пат. US 4610157A; заявл. 11.12.1984; опублик.09.09.1986, с. 3.
4. Non-destructive liquid penetrant inspection process integrity verification test panel. U.S. Patent WO 2011097146A1 заявл. 31.01.2011; опублик. 11.08.2011, с. 4.
5. Test piece for inspection penetrant performance assessment and comparison: пат. U.S. Patent US 6311538B1; заявл. 23.11.1998; опублик. 06.11.2001, с. 5.
6. ISO 3452-1:2013 2013 Non-destructive testing penetrant testing. Part 1: General Principles // ISO [Электронный ресурс]. URL: www.iso.org/standard/56130.html.

REFERENCES

1. Alburger J. Testing panel for inspection penetrants having of controlled depth and width. Patent US, no. 3791198 A, 1974.
2. William J. Martin, Test piece for inspection penetrant performance assessment and comparison. Patent US, no. 6729175 B2, 1998.
3. Frank J. Vicki, Setsuo Shimizu, Surface penetrant inspection test piece having varying thickness plating. Patent US, no. 4610157A, 1984.
4. Dunnwald P. Non-destructive liquid penetrant inspection process integrity verification test panel. Patent US, no. WO 2011097146 A1, 2010.
5. William J. Martin Test piece for inspection penetrant performance assessment and comparison. Patent US. no. 6311538B1, 1998.
6. ISO 3452-1:2013 2013 Non-Destructive Testing Penetrant Testing. Part 1: General Principles. Available at: <https://www.iso.org/standard/56130.html>.

7. ISO 3452–3:2013 2013 Non-destructive testing penetrant testing. Part 3: Reference Test Blocks // ISO [Электронный ресурс]. URL: www.iso.org/standard/59659.html.
8. Технология изготовления и исследование образцов для испытаний средств капиллярного неразрушающего контроля / Н.П. Калиниченко [и др.] // Измерительная техника. 2014. № 5. С. 8–10.
9. Kalinichenko N.P., Kalinichenko A.N., Lobanova I.S., Zaitseva A.A. Universal reference test blocks for liquid penetrant testing // *Key Engineering Materials*. 2016. Vol. 685. Pp. 355–359.
10. The method of manufacturing nonmetallic test-blocks on different sensitivity classes / N.P. Kalinichenko [и др.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2016. Т. 671. № 1. Article number 012033.
11. Глазков Ю.А. Особенности аттестации контрольных образцов для капиллярной дефектоскопии // Дефектоскопия. 2004. № 9. С. 74–84.
12. ГОСТ Р 8.736–2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2013. 22 с.
7. ISO 3452–3:2013 2013 Non-Destructive Testing Penetrant Testing. Part 3: Reference Test Blocks. Available at: <https://www.iso.org/standard/59659.html>.
8. Kalinichenko N.P., Kalinichenko A.N., Lobanova I.S., Popova A.Yu., Borisov S.S. Manufacturing technology and an investigation of samples for testing instruments for the capillary nondestructive testing of nonmetals. *Measurement Techniques*, 2014, vol. 57, no. 5, pp. 484–488, DOI 10.1007/s11018-014-0485-1.
9. Kalinichenko N.P., Kalinichenko A.N., Lobanova I.S., Zaitseva A.A. Universal reference test blocks for liquid penetrant testing. *Key Engineering Materials*. 2016, vol. 685, pp. 355–359.
10. Kalinichenko N.P., Kalinichenko A.N., Lobanova I.S., Zaitseva A.A., Loboda E.L. The method of manufacturing nonmetallic test-blocks on different sensitivity classes. *Journal of Physics: Conference Series*. 2016, vol. 671, no. 1. Article number 012033.
11. Glazkov Yu. A. Peculiarities of the Certification of Reference Specimens for Liquid-Penetrant Testing. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, vol. 40, no. 9, pp. 629–636. DOI:10.1007/s11181-004-0010-8.
12. GOST 8.736–2011. Multiple direct measurements. Methods of measurement results processing. Main principles. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 40 p. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лобанова Ирина Сергеевна – старший преподаватель кафедры физических методов и приборов контроля качества Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ФМПК ИНК, ФГАОУ ВО «НИ ТПУ») Российская Федерация, 634028, г. Томск, ул. Савиных, 7, оф. 302 e-mail: konarevai007@tpu.ru Resercher ID: B-3548-2017

Калиниченко Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ФМПК ИНК, ФГАОУ ВО «НИ ТПУ») Российская Федерация, 634028, г. Томск, ул. Савиных, 7, оф. 302 e-mail: lex-k@tpu.ru Researcher ID: C-8072-2017

Калиниченко Николай Петрович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией капиллярного, визуального и измерительного контроля ООО «АРЦ НК» Российская Федерация, 634009, г. Томск, ул. Большая Подгорная, 52, 3-й этаж e-mail: nikol112@mail.ru

Камышева Екатерина Николаевна – студентка кафедры Физических методов и приборов контроля качества Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ФМПК ИНК, ФГАОУ ВО «НИ ТПУ») Российская Федерация, 634028, г. Томск, ул. Савиных, 7, оф. 302 e-mail: konarevai007@tpu.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Irina S. Lobanova – teacher, Department of Physical methods of Nondestructive testing, Institute of Nondestructive testing, National research Tomsk polytechnic university. apt. 302, 7 Savinykh St., Tomsk, 634028, the Russian Federation e-mail: konarevai007@tpu.ru Resercher ID: B-3548-2017

Aleksey N. Kalinichenko – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Physical Methods of Non-destructive Testing, Institute of Non-destructive Testing, National Research Tomsk Polytechnic University. apt 302, 7 Savinykh St., Tomsk, 634028, the Russian Federation e-mail: lex-k@tpu.ru Researcher ID: C-8072-2017

Nikolay P. Kalinichenko – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Penetrant and Visual Testing, “ARC NK”. 3rd floor, 52 Bolshaia Podgornaia St., Tomsk, 634009, the Russian Federation e-mail: nikol112@mail.ru

Ekaterina N. Kamysheva, Student, Department of Physical Methods of Non-destructive Testing, Institute of Non-destructive Testing, National Research Tomsk Polytechnic University, apt 302, 7 Savinykh St., Tomsk, 634028, the Russian Federation e-mail: konarevai007@tpu.ru