

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГВУЗ «ПРИДНЕПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

**СТРОИТЕЛЬСТВО, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**Сборник научных трудов**

**Под общей редакцией доктора технических наук  
профессора В. И. Большакова**

Выпуск 86

*Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании,  
науке и управлении*

Днепропетровск  
2015

**ББК Ч448.027 + Ч247.13**  
**УДК 69(06)**

*Печатается по решению Ученого совета ГВУЗ «Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры»*

*Протокол № 6 от 27 ноября 2015 г.*

Согласно постановления Президиума ВАК Украины от 14. 10. 2009 г. за № 1-05/4 сборник научных трудов входит в перечень № 1 «научных фахових видань України», в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

**Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. Вып. 86. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2015. – 160 с. (в обл.).**

В сборник вошли статьи, освещающие актуальные вопросы внедрения и использования компьютерных систем и информационных технологий в различных сферах деятельности, связанных со строительством. В частности в образовании, в науке, проектировании и управлении. Обсуждаются вопросы использования и разработки компьютерных систем и информационно-измерительных технологий.

**Редакционная коллегия:**

докт. техн. наук

докт. техн. наук

докт. экон. наук

канд. техн. наук

докт. наук гос упр..

докт. техн. наук

докт. техн. наук

professor

PhD

PhD

докт. ф.-м. наук

докт. техн. наук

докт. техн. наук

докт. техн. наук

докт. техн. наук

докт. техн. наук

**В. И. Большаков** (главный редактор)

**Н. В. Савицкий** (первый зам. гл. редактора)

**Н. И. Верхоглядова** докт. техн. наук

**И. В. Рыжков** докт. техн. наук

**Г. П. Евсеева** докт. техн. наук

**Н. М. Ершова** докт. техн. наук

**Г. Н. Ковшов** докт. техн. наук

**Z. Stevich** докт. техн. наук

**S. Martinovich** докт. техн. наук

**M. Vlahovich** докт. техн. наук

**А. И. Косолап** докт. техн. наук

**В. М. Михайленко** докт. техн. наук

**В. В. Гнатушенко** докт. техн. наук

**А. И. Купин** докт. техн. наук

**В. Ф. Иродов** докт. техн. наук

**А. И. Михалев** докт. техн. наук

**Л. Г. Романенко**

**Д. И. Соломон**

**В. В. Скалозуб**

**Е. А. Дружинин**

**Э. И. Галай**

**О. Т. Иевлева**

**В. В. Ткачев**

**Т. С. Кравчуновская**

**В. Р. Младецкий**

**С. О. Попов**

**Р. А. Тимченко**

**Д. Г. Зеленцов**

**А. Д. Шамровский**

**Б. И. Мороз**

Под общей редакцией д. т. н. профессора Большакова В. И.

Ответственная за выпуск Кривенкова Л. Ю.

Свидетельство (серия ДК № 8986) о внесении ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» как субъекта издательского дела в Государственный реестр издателей и распространителей издательской продукции.

**ISBN 978-966-323- 137-2**

©ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры». 2015

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ»	5
РЕГІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ СЕМІНАР «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ» ПРИДНІПРОВСЬКОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ НАН УКРАЇНИ І МОН УКРАЇНИ	6
<b>Ершова Н.М.</b> НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ПОДГОТОВКЕ IT – СПЕЦИАЛИСТОВ	7
<b>Бабенко В.А. , Євсєєва Г.П.</b> МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА	8
<b>Белоконь А.И., Трифонов И.В., Ильев И.М., Хамрик А.В.</b> УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И РАЗВИТИЕМ ОРГАНИЗАЦИЙ	14
<b>Vlahovic M., Martinovic S., Stevic Z.,Volkov-Husovic T.</b> IMPLEMENTATION OF IMAGE ANALYSIS ON LOW LEVEL LASER (LLL) DESTRUCTION OF LOW CEMENT HIGH ALUMINA REFRACTORY CONCRETE	20
<b>Гришанкова Н.А.</b> ИННОВАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗОВ	26
<b>Живцова Л.И.</b> КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ В КОМПОНЕНТАХ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ	32
<b>Захаров Д.В.</b> ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТУ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	38
<b>Іродов В.Ф., Барсук Р.В.</b> ЗАГАЛЬНА СХЕМА ПОБУДОВИ АЛГОРИТМІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОШУКУ РІШЕНЬ	43
<b>Ковшов Г.Н., Лукашук Л.А., Косячевская С.Н.</b> ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ	49
<b>Ковшов Г.Н., Ужеловский А.В.</b> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТИРОВАНИЕМ БУРОВОГО СНАРЯДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА NEURAL NETWORK CONTROLLER	56
<b>Косолап А.И.</b> УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	62
<b>Кулябко В.В.</b> ВАРИАНТЫ «DIGITAL-КОМПЬЮТЕРНЫХ» СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ	68

ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ НОВЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ КОНСТРУКЦИЙ, СООРУЖЕНИЙ И МАШИН

**Martinovic S., Vlahovic M., Stevic Z., Volkov-Husovic T.** 77  
 IMPLEMENTATION OF IMAGE ANALYSIS ON SURFACE DEGRADATION DETERMINATION CAUSED BY CAVITATION EROSION

**Недодатко С.О., Шаруда К.В., Щербина В.О.** 82  
 РОЗРОБКА ДОПОВНЕНЬ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ У AUTOCAD З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ СИСТЕМИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

**Пономарёва Е.А., Пономарёв С.М., Анисимов А.В., Заспенко А.Е.** 88  
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ LabVIEW В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

**Путинцева А.В.** 94  
 ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

**Stevic Z., Rajcic-Vujasinovic M., Radovanovic I.** 100  
 ELECTROCHEMICAL PROCESSES MODELING AND SENSING UPON DIRAC POTENTIAL STATIC EXCITATION

**Тимченко Р.А., Кришко Д.А., Богатынский А.В., Савенко В.О.** 105  
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PLAXIS ДЛЯ РАСЧЁТА ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

**Ткачова В. В., Іродов В.Ф.** 111  
 ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК ДЛЯ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРТНОГО СПІВСТАВЛЕННЯ ДЕКІЛЬКОХ ОДНОРІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ

**Фесенко Е.Г., Пинчук С.А., Вельмагина Н.А., Ершова Н.М.** 117  
 МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ КОЛЕСНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ МВТУ 3.7

**Хмара Л.А., Кулик И.А., Пікуш Ю.С.** 127  
 ЗАСТОСУВАННЯ ОБ'ЄМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У СУЧАСНИХ САПР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН МАНІПУЛЯТОРНОГО ТИПУ

**Чорноморець Г.Я., Іродов В.Ф.** 133  
 ПОБУДОВА ЧИСЕЛЬНОГО МЕТОДУ ГАЛЬОРКІНА З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОШУКУ НАЙБІЛЬШ ПРИВАБЛИВИХ РІШЕНЬ

**Шатов С. В.** 139  
 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ З РОЗРОБКИ ПЕЛОЇДІВ ОЗЕРА СОЛОНІЙ ЛИМАН

## МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ»

С 2014 года в ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (ПГАСА) в октябре ежегодно проводится международная научно-практическая конференция «Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении».

В конференции принимают участие страны: Белоруссия, Молдавия, Россия, Сербия и Украина.

*Цель проведения конференции* – обмен опытом использования компьютерных систем и информационных технологий в образовании, науке и управлении.

*Краткая информация о важнейших результатах.* На 1-й международной научно-практической конференции был проведен круглый стол, тема которого «Проблемы подготовки кадров для разработки и эксплуатации современных САПР». Предложения были переданы в Министерство образования и науки Украины. В результате открыто новое направление подготовки бакалавров «Информационные системы и технологии».

На конференцию для обсуждения выносятся вопросы использования:

- информационных технологий в образовании (высшее и среднее образование);
- компьютерных систем и информационных технологий в науке;
- компьютерных систем и информационно-измерительных технологий;
- компьютерных систем и информационных технологий в проектировании и управлении;

– программных продуктов для решения прикладных задач.

ГВУЗ «ПГАСА» имеет квалифицированные научные кадры соответствующих профилей. С 2012 года кафедра «Прикладная математика» готовит бакалавров направления «Компьютерные науки» и кафедра «Информационно-измерительных технологий и систем» - «Метрология и информационно-измерительные технологии».

Кроме того, в работе конференции участвуют кафедры: «Украиноведение», «Начертательная геометрия», «Электротехника и автоматика», «Теплотехника и газоснабжение», «Строительные и дорожные машины», «Менеджмент, управление проектами и логистика» и др.

Участники конференции печатают статьи в сборнике научных трудов «Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении». *Сборник входит в перечень №1 „Наукових фахових видань України”, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата технических наук.*

3-я международная научно-практическая конференция состоится 19-21 октября 2016 года. Приглашаем принять участие в работе конференции.

По всем вопросам проведения конференции обращайтесь на e-mail: [ksitesm@ukr.net](mailto:ksitesm@ukr.net).

## **РЕГІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ СЕМІНАР «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ» ПРИДНІПРОВСЬКОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ НАН УКРАЇНИ І МОН УКРАЇНИ**

22 квітня 2015 року у ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» відбулось відкриття постійно діючого регіонального наукового семінару «Сучасні технології в проектуванні» Придніпровського наукового центру НАН України і МОН України (голова Н. М. Єршова, д. т. н., проф., заст. голови В. Р. Млодецький, д. т. н., проф., вчений секретар Н. А. Вельмагіна, ст. викладач).

Семінар створено з метою підвищення рівня інформаційного обміну, залучення найбільшого числа вчених у систему інформаційного обміну, розширення можливостей теоретичної апробації результатів наукових досліджень, їх узагальнення і аналізу тенденцій за пріоритетними напрямками розвитку ІТ технологій проектування об'єктів машинобудування, будівництва, транспорту та технологічних процесів, а також для підвищення кваліфікації науково-педагогічних кадрів, забезпечення якості підготовки ІТ-фахівців та молодих вчених.

У рамках семінару функціонують секції: «Сучасні технології в проектуванні», «Математичне моделювання, оптимізація і управління складними об'єктами», «Комп'ютерні системи і компоненти», «Автоматизоване проектування і планування виробничих систем і технологій», «Автоматизоване проектування і управління технологічними процесами», «Управління проектною діяльністю».

Учасники семінару друкуватимуть статті у фаховому збірнику наукових праць «Будівництво,

матеріалознавство, машинобудування. Серія: Комп'ютерні системи та інформаційні технології в освіті, науці та управлінні».

На першому засіданні семінару була заслухана доповідь аспіранта С. А. Гросмана «Застосування технологій ВІМ (у ПК Autodesk Revit) в проектуванні на прикладі розробки передпроектної стадії «Мобільної вежі обслуговування» (науковий керівник д. т. н., проф. Савицький М. В.). Доповідь викликала великий інтерес у слухачів. Всі присутні визнали корисність семінару.

На другому засіданні семінару 20 травня з доповіддю «Глобальна оптимізація в проектуванні» виступив д. ф.-м. н., проф. А. І. Косолап. Затим 16 вересня була доповідь доцента кафедри «Будівельні та дорожні машини» ГВУЗ ПГАСА Кулик І. А. на тему «Об'ємне моделювання, дослідження міцності та технології роботи обладнання будівельних машин в САПР SolidWorks». 18 листопада – день Криворізького національного університету - доповіді аспірантів Попрожек О. О. і Єріної О. О. (науковий керівник д. т. н., проф. Попов С. О.).

Наразі у роботі семінару беруть участь ВНЗ Запоріжжя, Кіровограда, Кривого Рогу, Дніпропетровська та Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова. Серед учасників 12 докторів наук, професорів.

Запрошуємо бажаючих узяти участь у роботі семінару.

УДК 53.088

## IMPLEMENTATION OF IMAGE ANALYSIS ON LOW LEVEL LASER (LLL) DESTRUCTION OF LOW CEMENT HIGH ALUMINA REFRACTORY CONCRETE

VLAHOVIC M.<sup>1\*</sup>, *dr. sc.*,  
MARTINOVIC S.<sup>1</sup>, *dr. sc.*,  
STEVIC Z.<sup>2</sup>, *prof. dr.*,  
VOLKOV-HUSOVIC T.<sup>3</sup>, *prof. dr.*

1\* University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, 4 Karnegijeva St., 11000 Belgrade, Serbia

2 University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, 12 VojskeJugoslavije St., 19210 Bor, Serbia

3 University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, 4 Karnegijeva St., 11000 Belgrade, Serbia

**Abstract.** Implementation of image analysis for monitoring the level of destruction during impact of low level laser (LLL) was goal of our investigation. The chosen material was low cement high alumina refractory concrete (LCC). Two series of samples were used in experiment: reference ones dried at 105 °C, and the others sintered at 1300°C. Based on the applied methodology, degradation of the refractory concrete samples subjected to the low-level laser beam during time interval from 5 to 25 minutes was monitored by measuring destruction level: damaged area – pits, as well as pits depth. Comparison of the results using automatic and manual approach will be given. This experiment was done in order to establish whether this material can be used in conditions that require resistance to the laser action and subjected to machine that uses laser techniques.

**Keywords:** low level laser (LLL), laser destruction, mechanical comparator, image analysis, damages size, refractory concrete

## РЕАЛИЗАЦИЈА АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИЗКОЛАЗЕРНОГО РАЗРУШЕНИЯ БЕТОНА ИЗ ОГНЕУПОРНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

ВЛАХОВИЧ М.<sup>1\*</sup>, *к.т.н.*,  
МАРТИНОВИЧ С.<sup>1</sup>, *к.т.н.*,  
СТЕВИЧ З.<sup>2</sup>, *доктор, проф.*,  
ВОЛКОВ-ХУСОВИЧ Т.<sup>3</sup>, *доктор, проф.*

1\* Белградски универзитет, Институт Химије, Технологије и Металургије, ул. Карнегијева 4, 11000 Белград, Србија

2 Белградски универзитет, Технички факултет у Бору, В Ј 12 19210 Бор, Србија

3 Белградски универзитет, Факултет Технологије и Металургије, ул. Карнегијева 4, 11000 Белград, Србија

**Анотација.** Циљу истраживања јављала се реализација анализа изображења за контролу нивоа разрушења у току дејства нискоуровневог лазера. У квалитету истраживаног материјала био је изабран бетон из глиноземног огнеупорног материјала са максималним садржајем цемента. У експерименту коришћени су две серије примерака: прве су подвргнуте сушењу при температури 105 °C, остале – агломерације при температури 1300 °C. Основујући се на практичној методологији примерак из огнеупорног грађевинског материјала подвргнут нискоуровневој лазерној дејствију у току интервала времена од 5 до 25 минута, при чему контролисано је ниво разрушења. Било је направљено споредно поређење резултата, које су добијени у ручном и аутоматском режиму. Експеримент је извршен да би се установило, да ли је дат материјал погодан за коришћење у условима, где је потребно отпорност на лазерно дејство.

**Кључне речи:** нискоуровневи лазер; лазерно разрушење; механички компаратор; анализа изображења; величина разрушења; бетон огнеупорног грађевинског материјала

## РЕАЛИЗАЦИЈА АНАЛИЗУ ЗОБРАЖЕННЯ НА ОСНОВІ НИЗКОЛАЗЕРНОГО РУЙНУВАННЯ БЕТОНУ З ВОГНЕТРИВКОГО БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

ВЛАХОВИЧ М.<sup>1\*</sup>, *к.т.н.*,

МАРТИНОВИЧ С.<sup>1</sup>, *к.т.н.*,  
 СТЕВИЧ З.<sup>2</sup>, *доктор, проф.*,  
 ВОЛКОВ-ХУСОВИЧ Т.<sup>3</sup>, *доктор, проф.*

1\* Белградський університет, Інститут Хімії, Технології та Металургії, вул. Корнегієва 4, 11000 Белград, Сербія

2 Белградський університет, Технічний факультет у Борі, ВЈ 12 19210 Бор, Сербія

3 Белградський університет, Факультет Технології та Металургії, вул. Корнегієва 4, 11000 Белград, Сербія

**Анотація.** Метою дослідження була реалізація аналізу зображення для контролю рівня руйнування протягом впливу низькорівневого лазера. У якості досліджуваного матеріалу був вибраний бетон із глиноземного вогнетривкого матеріалу з максимальним вмістом цементу. В експерименті використовувалися дві серії зразків: перші зазнали сушіння при температурі 105 °С, інші – агломерації при температурі 1300 °С. Ґрунтуючись на прикладній методології зразок з вогнетривкого будівельного матеріалу піддався низькорівневному лазерному впливу протягом інтервалу часу від 5 до 25 хвилин, при цьому контролювався рівень руйнування. Було зроблене порівняння результатів, які отримані в ручному й автоматичному режимі. Експеримент проводився для того, щоб установити, чи може даний матеріал використовуватися в умовах, що вимагають опору лазерному впливу.

**Ключові слова:** низькорівневий лазер; лазерне руйнування; механічний компаратор; аналіз зображення; розмір руйнування; бетон вогнетривкого будівельного матеріалу

### Introduction

Image analysis of the sample surface destruction is an important non-destructive method for assessing damage of the materials. Due to image analysis, more systematic and more accurate measurements have become possible. Therefore, more objective characterization of concrete from the aspect of material properties is provided. Evaluation of various concrete properties, as well as the effect of external influences on the microstructure of concrete, can be investigated using these non-destructive methodologies [1-4].

The Image Pro Plus is a special program for processing and analysis of image. It recognizes and enables work in all known image formats (TIFF, JPEG, BMP, TGA). This program automatically performs image analysis. It automatically measures, counts and classifies all data obtained by object analysis. The program communicates directly with Excel, which enables statistical and graphical data processing. In this study the image analysis was used for determination of surface destruction level before and during the testing.

The laser can be applied to different processing techniques such as drilling, cutting, and thermal treatment (thin film ablation and evaporation, hole drilling, piercing, perforation, point welding, thermal processing, cutting by gas laser, thermo-separation, and so on). There are two processing regimes of laser action: pulsed mode (PM) and continuous wave (CW). In CW lasers, continuous pumping of the laser emits instant light, while in a pulsed laser there is a laser power-off period between two successive pulses. PM laser irradiation was mostly used for thermal shock testing of ceramics, while CW laser was usually used for monitoring thermal properties and sensitivity of ceramics. The excitation energy provided by laser is rapidly converted into heat during laser-ceramic interaction. This is followed by various heat transfer processes such as conduction into the materials, convection, and radiation from the surface. As a consequence, various physical phenomena are created:

heating, surface melting, surface vaporization, plasma formation, ablation [5].

Based on previously published results [6-8], related to behavior of refractory concrete under extreme conditions, thermal shock and cavitation erosion, attempt was made to investigate the resistance of this group of materials to effects of the laser beams. Other authors' studies were usually occupied with using high level of power laser (CO<sub>2</sub>, NdYAGi, etc.) [9-12]. The same effect can be obtained with the low level laser as with higher level laser but for the longer time. Therefore, this research is devoted to the behavior and sensitivity of this group of materials on low level laser action.

### Experimental

#### Materials

Samples of refractory composite material, low cement castable, were used to measure damage caused by the low level laser beam action. Preparation of refractory concrete consisted of samples synthesis and their sintering. Prepared alumina based refractory concrete had 98.11 % of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 1.22 % of CaO. Since its chemical composition indicates that the content of components that can form low melting phases (CaO) is quite low, good mechanical characteristics and corrosion resistance were expected. It should be emphasized that chemical composition plays a major role for the characteristics of the aggregate-matrix bond interface which determines thermo-mechanical properties of refractory materials.

After the synthesis, sintering at 1300 °С with the dwell time of three hours was realized.

#### Methods

##### *Low-level laser beam application*

Prepared samples were subjected to the action of low-level laser beam.

The plan of investigation was related to the monitoring of materials behavior in extreme condition of



laser action. In this experiment, CW laser beam with permanent effect was applied for monitoring resistance and sensitivity of ceramics.

Continuous non-polarized semiconductor laser with integrated collimator MGL-S-532 from "CNI" Company was used in experiments. Power in a stationary temperature regime was measured using Laser Check from "Coherent" Company and was 366 mW. The wavelength was 532 nm. Beam profile was oval with the axis ratio of 3:2, with a Gaussian distribution of power. Focus was placed on the sample surface using a built-in optics and achieved beam major axis length of 0.46 mm.

Different times, from 5 to 25 minutes, with interval of 5 minutes were selected to investigate the resistance of the samples to the LLL beam.

Image analysis and pit depth measurement

Destruction level of the samples during laser beam treatment were characterized by affected area and depth of pit. Image analysis was applied for damaged area measurements. Program Image Pro Plus was used, and destruction area was measured using both manual and automatic methods. Analyzed surfaces were colored by red color with the aim of obtaining better resolution and facilitating the difference between damaged and undamaged areas of material. Accordingly, undamaged area was red, and damaged area was white or lower intensity of red color. This approach was performed to achieve better image condition for image analysis application.

Pit depth measurements were based on the microphotographs and performed using comparator Orion added to the microscope.

**Results and Discussion**

*Surface damaged area*

Measurements of the surface damaged area using image analysis included detecting differences between damaged and undamaged areas of the material. The results were calculated and compared to the ideal surface and presented in percentages  $(P/P_0) \cdot 100 \%$ .

Images of the samples dried at 105 °C and sintered at 1300 °C for different intervals of the laser beams exposure are given in Fig. 1.

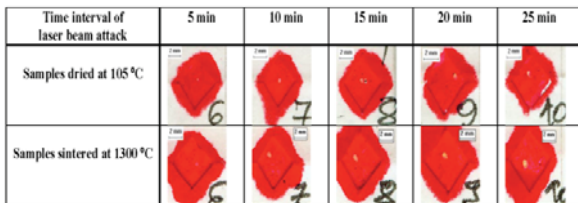


Fig.1. Images of the samples dried at 105 °C and sintered at 1300 °C for different time intervals of exposure to LLL [13]

Damaged areas for the samples treated at 105 and 1300 °C, measured manually and automatically, and the average values, presented in Figure2.

The obtained results showed close values of both methods (manual and automatic) for the tested samples

after 5, 10, 15, 20 and 25 minutes of exposure to LLL. It can be observed that the maximum difference between the applied methods was for the samples treated at 105 °C after 25 minutes of exposure to LLL. Some differences in the obtained results and difference between manual and automatic data for damaged area are related to the possibilities of obtaining image with excellent resolution.

Comparison of the obtained data for damaged area measurements for different time intervals of the laser beams exposure is presented in Figure 3. For shorter time interval, 5 minutes, differences between damaged areas are smaller. For longer time of exposure to LLL, these differences are higher, and the highest difference is observed for the longest time period.

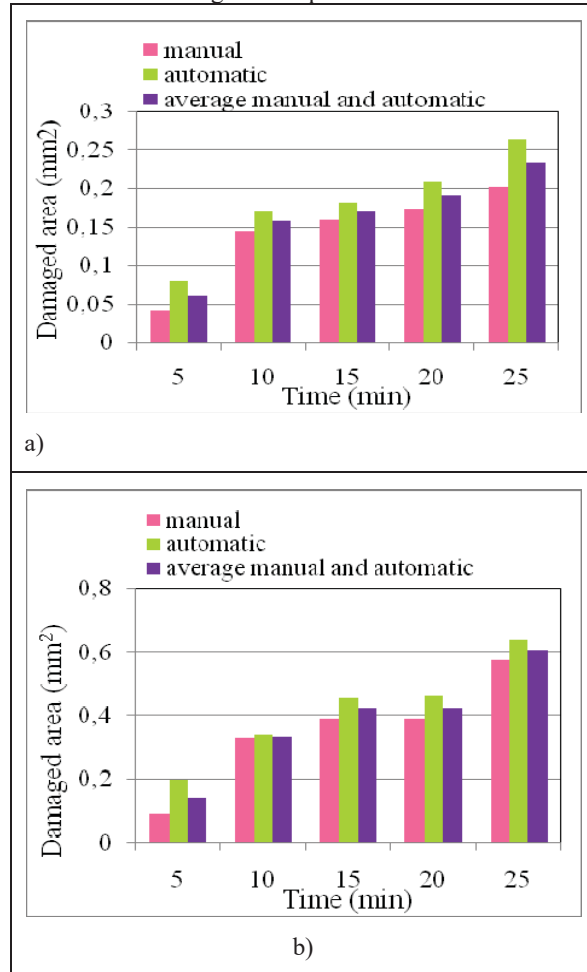


Fig. 2. Damaged area during LLL exposure for samples treated a) 105 °C and b) 1300 °C

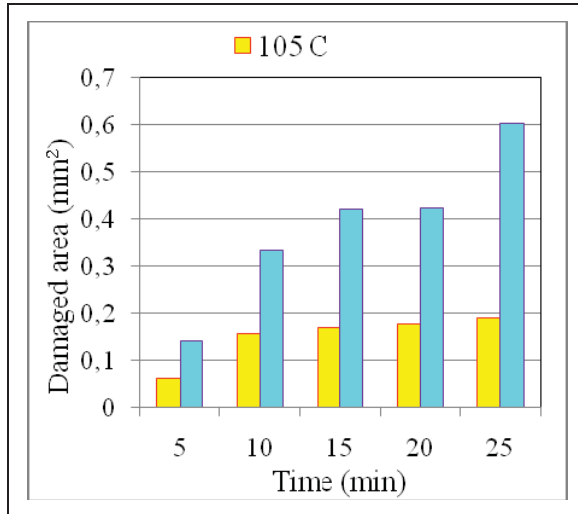


Fig. 3. Comparison of damaged area for different time intervals of exposure to LLL

Pit depth

The examples of microphotographs of the sample surface and pit are given at Fig. 4.

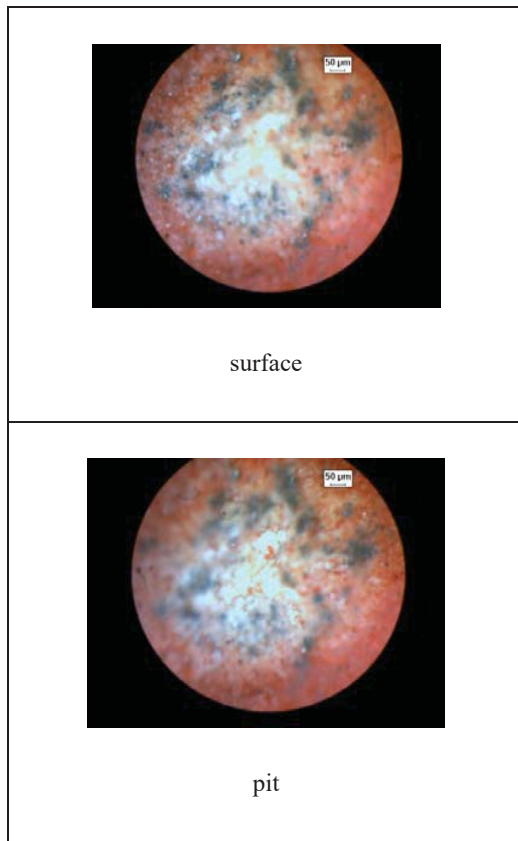


Fig. 4. Microphotographs of the surface and pit for the samples sintered at 1300 °C and exposed to LLL for 25 min

The results of the pit depth values for the samples treated at 105 and 1300 °C during the laser beams exposure are presented in Fig. 5.

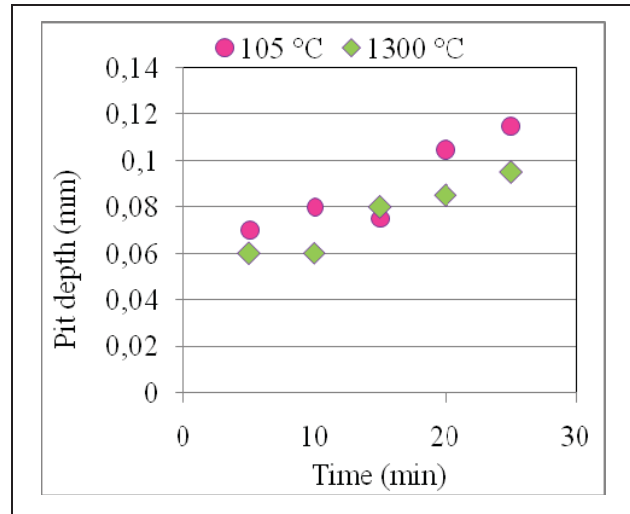


Fig. 5. Comparison of pith depth values for different time intervals of exposure to LLL

It can be noticed that pit depth is increasing from 0.07-0.115 mm during the time interval from 5 to 25 minutes for the samples dried at 105 °C. This increasing trend is also observed for the samples sintered at 1300 °C, pit depth changed from 0.06-0.095 mm in the time interval from 5 to 25 minutes.

Having in mind the influence of the treatment temperature, it can be observed that after 5 minutes samples exhibited similar behavior, with pit depth of 0.06 mm for the samples sintered at 1300 °C and 0.07 mm for samples dried at 105 °C. As the time of impact of the LLL was increasing, higher differences for the pit depth were observed. The minimal value of 0.085 mm was measured After 25 minutes, for the samples sintered at 1300 °C smaller value (0.095 mm) was noticed compared to samples dried at 105 °C (0.115 mm).

### Conclusion

According to the results obtained using two types of measurements to establish level of degradation of the samples- degradation area and pit depth, it can be concluded that:

- At the beginning of the experiment, for LLL exposure time of 5 minutes, differences between samples treated at different temperatures exist, but they are small. These differences are increasing with time of LLL exposure. For 25 minutes, significant differences in the degradation area as well as pit depth can be observed.
- Pit depth measurements indicated that samples sintered at 1300 °C exhibited better resistance to the LLL impact compared with those dried at 105 °C.

## Acknowledgment

This investigation was funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia under the project No. TR 33007.

## REFERENCES

1. Ammouche A., Riss J., Breyse D., Marchand J./Ammouche A., Riss J., Breyse D., Marchand J. // Image analysis for the automated study of microcracks in concrete. *CemConcr Compos.* – 2001. – 23. – 267.
2. Soroushian P., Elzafraney M., Nossoni A. / Soroushian P., Elzafraney M., Nossoni A. // Specimen preparation and image processing and analysis techniques for automated quantification of concrete microcracks and voids. *CemConcr Resю.* – 2003. – 33. – 1949.
3. Lemaire G., Escadeillas G., Ringot E. / Lemaire G., Escadeillas G., Ringot E. // Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Constr Build Mater.* – 2005. – 19. – 604.
4. Vlahovic M., Savic M., Martinovic S., Boljanac T., Volkov-Husovic T. / Vlahovic M., Savic M., Martinovic S., Boljanac T., Volkov-Husovic T. // Use of image analysis for durability testing of sulfur concrete and Portland cement concrete. *Materials and Design.* – 2012. – 34. – 346.
5. Samant A. N., Dahotre N. B. / Samant A. N., Dahotre N. B. // Laser machining of structural ceramics - A review. *J Eur Ceram.* – 2009. – Soc29. – 969.
6. Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Volkov-Husovic T., Majstorovic J. / Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Volkov-Husovic T., Majstorovic J. // Thermomechanical properties and cavitation resistance of a high-alumina low cement castable. *Int J Appl Ceram Techno.* – 2011. – 18. – 1115.
7. Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Boljanac T., Volkov-Husovic T. / Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Boljanac T., Volkov-Husovic T. // Cavitation resistance of refractory concrete: Influence of sintering temperature. *J Eur Ceram.* – 2013. – Soc33. – 7.
8. Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Boljanac T., Volkov-Husovic T. / Martinovic S., Vlahovic M., Dojcinovic M., Boljanac T., Volkov-Husovic T. // Influence of sintering temperature on thermal shock behavior of low cement high alumina refractory concrete. *Compos Part B-Eng.* – 2014. – 60. – 400.
9. Kirilov E., Mark M.J., Seg M., Nägerl H. Compact, robust, and spectrally pure diode-laser system with a filtered output and a tunable copy for absolute referencing: *Appl Phys B – Lasers Opt.* / Kirilov E., Mark M.J., Seg M., Nägerl H. // Online first articles. – 2015. – Access Mode: DOI:10.1007/s00340-015-6049-5.
10. Sroka R., Pongratz T., Scheib G., Khoder W., Stief C., Herrmann T., Nagele U., Bader M. / Sroka R., Pongratz T., Scheib G., Khoder W., Stief C., Herrmann T., Nagele U., Bader M. // Impact of pulse duration on Ho:YAG laser lithotripsy: treatment aspects on the single-pulse level. *World J Urol.* – 2015. – 33. – 479.
11. Ding Y., Yao B.Q., Ju Y. L., Li Y. Y., Duan X. M., He W. J. / Ding Y., Yao B.Q., Ju Y. L., Li Y. Y., Duan X. M., He W. J. // High power Q-switched Ho:YVO4 laser resonantly pumped by a Tm-fiber-laser. *Laser Phys.* – 2014. – 25. – 1.
12. Dostalova T., Jelinkova H., Kasparova M., Ginzlova K., Feberova J., Sulc J., Nemecek M., Fibrich M., Bradna P. / Dostalova T., Jelinkova H., Kasparova M., Ginzlova K., Feberova J., Sulc J., Nemecek M., Fibrich M., Bradna P. // Er:YAG laser radiation: Contact versus non-contact enamel ablation and sonic-activated bulk

composite placement: Microleakage evaluation. *Laser Phys.* – 2015. – 25. – 1.

Dostalova T., Jelinkova H., Kasparova M., Ginzalova K., Feberova J., Sulc J., Nemecek M., Fibrich M., Bradna P. Er:YAG laser radiation: Contact versus non-contact enamel ablation and sonic-activated bulk composite placement: Microleakage evaluation. *Laser Phys*, 2015, 25, 1.

13. Martinovic S., Vlahovic M., Stevic Z., Volkov-Husovic T. / Martinovic S., Vlahovic M., Stevic Z.,

Volkov-Husovic T. // Influence of sintering temperature on low level laser (LLL) destruction of low cement high alumina refractory concrete. *Engineering structures.* – 2015. – 99. – 462.

Martinovic S., Vlahovic M., Stevic Z., Volkov-Husovic T. Influence of sintering temperature on low level laser (LLL) destruction of low cement high alumina refractory concrete. *Engineering structures*, 2015, 99, 462.