

Методы определения участков с ядровой гнилью для обеспечения рационального раскроя хлыстов

А.Р. Бирман^а, Б.М. Локштанов^б, В.А. Соколова^с, А.В. Сергеевичев^д,
В.В. Орлов^е, В.И. Бачериков^ф, И.С. Фролов^ж

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский 5,
Санкт-Петербург, Россия

^аbirman1947@mail.ru, ^бtlzp@inbox.ru, ^сsokolova_vika@inbox.ru, ^дalexander910@yandex.ru, ^еartictvetal1987@gmail.com,

^фivashka512@gmail.com, ^жFrolovTrubach90@mail.ru

Статья поступила 4.03.2017, принята 17.04.2017

Неразрушающие методы контроля позволяют обнаруживать поверхностные и внутренние дефекты: неоднородность структуры, нарушения сплошности, дефекты склейки в изделиях. В статье представлены сведения о методах определения в древесине участков, пораженных гнилью. Рассматриваются методы и устройства для определения размерных и качественных характеристик гнили. Раскрыта сущность методов акустической и рентгенографической дефектоскопии и результаты экспериментальных исследований по определению наличия и размеров гнили указанными методами. В качестве образцов при проведении экспериментов использовались заготовки из осины диаметром 15 см и длиной 50 см, пораженные сердцевинной гнилью, а также, для сравнительного анализа, заготовки без внутренней гнили. Установлено, что для линии переработки низкокачественной древесины подходят только два метода — импедансный, основанный на анализе данных о скорости прохождения ультразвукового импульса в древесине, и методы рентгенографии. Для практического использования первого метода рекомендуется прибор АД-60К, для второго метода — досмотровый рентген проходного типа, модель ILane.pro. Сроки окупаемости инвестиции при внедрении рассматриваемых приборов при объеме заготовок 50 тыс. м³ в год при использовании импедансного метода составляют менее года, при использовании метода рентгенографии — 3 года. Определение в древесине зоны, пораженной гнилью, и ее размеров без разрушения самой древесины позволяет повысить выход деловой древесины и рационально использовать низкокачественные части круглых лесоматериалов.

Ключевые слова: сердцевинная гниль; дефектоскопия; ультразвуковой дефектоскоп; акустический дефектоскоп; рентген; лиственная древесина.

Methods for determining core rot areas to ensure rational cutting of whips

A.R. Birman^a, B.M. Lokshtanov^b, V.A. Sokolova^c, A.V. Sergeevichev^d,
V.V. Orlov^e, V.I. Bacherikov^f, I.S. Frolov^g

St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

^abirman1947@mail.ru, ^btlzp@inbox.ru, ^csokolova_vika@inbox.ru, ^dalexander910@yandex.ru, ^eartictvetal1987@gmail.com, ^fivash-

ka512@gmail.com, ^gFrolovTrubach90@mail.ru

Received 4.03.2017, accepted 17.4.2017

Non-destructive testing methods allow detecting surface and internal defects: structural heterogeneity, discontinuity, gluing defects in products. The article presents information on methods for determining areas affected by rot in wood. Methods and devices for determining the dimensional and qualitative characteristics of rot are considered. The essence of the methods of acoustic and X-ray flaw detection and the results of experimental studies to determine the presence and size of rot by these methods are considered. As a sample for the experiments, we used aspen pieces damaged by the heart-wine rot, as well as, for comparative analysis, the billets without internal rot with a diameter of 15 cm and a length of 50 cm. It has been established that only two methods are suitable for the line for processing low-quality wood. This is an impedance method based on the analysis of data on the speed of passage of ultrasonic and pulse in wood, and methods of radiography. For the practical use of the first method, the AD-60K device is recommended, for the second method - the inspection X-ray of the through-flow, the model ILane.pro. When introducing the devices under consideration with the billet volume of 50 thousand m³ per year with the use of the impedance method, the payback period of the investment is less than a year, using the radiography method - 3 years. Determination of the area affected by decay in wood and its dimensions without destroying the wood itself makes it possible to increase the yield of commercial timber and rationally use low-quality parts of round timber.

Keywords: wood rot; flaw detection; ultrasonic flaw detector; acoustic detector; X-ray; hardwood.

Введение

В последние пятьдесят лет происходит активное совершенствование технологий обработки древесины. При этом сокращаются площади хвойной древесины, естественно замещаемые лиственными породами.

В связи с этим возникает задача вовлечения в обработку больших объемов лиственных пород, для России — березы, осины и ольхи. Но эти породы обладают большим количеством скрытых пороков, которые снижают выход деловой древесины.

Определение зоны, пораженной гнилью, и ее размеров без разрушения самой древесины позволило бы повысить выход деловой древесины и рационально использовать низкокачественные части круглых лесоматериалов.

Методика исследования. Есть несколько способов неразрушающего контроля для выявления скрытых пороков в древесине, которые подходят для использования в Российской Федерации. Это акустические методы (ультразвуковой, импедансный, метод свободных колебаний) и рентгеноскопия [14; 16; 17; 18; 20].

Акустические методы позволяют обнаруживать поверхностные и внутренние дефекты: неоднородность структуры, нарушения сплошности, дефекты склейки в изделиях. В настоящее время используются три акустических метода — свободных колебаний, временной теневой и импедансный [13; 15; 21].

Метод *свободных колебаний* основан на анализе частотного спектра свободных колебаний, возбужденных в контролируемом объекте. Сущность метода заключается в возбуждении в твердом теле колебаний, вызываемых резким ударом, который наносится непосредственно по объекту. При этом частота собственных колебаний объекта является определенной величиной, если заданы размеры и форма изделия.

Метод *свободных колебаний* определен в ГОСТ 23829-85 как «метод акустического неразрушающего контроля, основанный на возбуждении свободно затухающих упругих колебаний в контролируемом объекте или его части и анализе параметров этих колебаний» [11; 12; 14; 19].

Временной теневой метод основан на измерении времени пробега импульса через объект (метод сквозного прозвучивания). Он широко применяется для определения наличия крупных дефектов в материалах с большим рассеянием ультразвука, например, в огнеупорных блоках, бетонных изделиях, древесине и т. д. [1; 2; 4; 5].

Импедансный метод основан на различии как механических, так и акустических импедансов дефектных и доброкачественных участков контролируемого изделия. Механические импедансы оценивают с поверхности изделия в зонах возбуждения в нем изгибных колебаний звуковых или низких ультразвуковых частот. Изменения импеданса преобразуют в соответствующие изменения электрического сигнала, который обрабатывают в электронном блоке дефектоскопа и представляют на индикаторе или используют для управления исполнительными механизмами [3; 10; 22].

В качестве образцов при проведении экспериментов по временному теневому и импедансному методам ис-

пользовались заготовки из осины диаметром 15 см и длиной 50 см, пораженные сердцевинной гнилью, а также, для сравнительного анализа, заготовки без внутренней гнили. По методу свободных колебаний эксперимент не проводился, так как рассматриваются методы, которыми возможно проводить измерение поперек древесины.

По *временному теневому методу* контрольные замеры проводились на оборудовании фирмы Proseq, применялся прибор для ультразвуковых испытаний Pundit PL-200. Используемые датчики — экспоненциальные преобразователи с рабочей частотой 54 кГц. Применение прибора возможно только после окорки древесины, что не позволяет использовать его на лесозаготовках.

Датчики устанавливались на заготовке друг напротив друга. Ультразвук проходит по короткому расстоянию от одного датчика к другому, проникая в каждый дефект, который находится на пути, а не огибая его, как это происходит с ультразвуком, работающим на высоких частотах. Схема работы прибора показана на рис. 1.

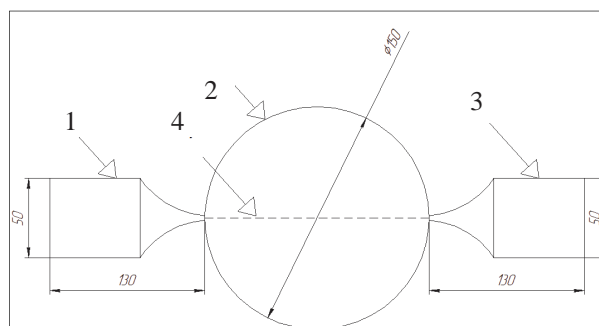


Рис. 1. Расположение датчиков при замерах: 1, 3 — излучатель-детектор; 2 — исследуемая древесина; 4 — линия, по которой проходит ультразвук

Результаты исследований. Замеры проводились вдоль заготовки, с шагом в 20 мм. Установлено, что среднее значение скорости ультразвукового импульса в заготовке без гнили — 1 627 м/с, в заготовке с гнилью — 1 075 м/с.

Контрольные замеры по импедансному методу проводились на акустическом дефектоскопе отечественного производства фирмы Akascan АД-60К, предназначенном для акустического контроля изделий из композитных и других материалов с большим затуханием колебаний, с целью определения расслоений, непроклеев и внутренних дефектов в изделиях из слоистого пластика, композитных и сотовых материалов [6–10].

Данный акустический дефектоскоп позволяет подключать любые типы импедансных и ударных преобразователей, оснащенных пьезоэлементами или микрофоном.

На рис. 2 датчик 1, расположенный поперек волокон древесины, посредством бийки бойка о древесину создаст упругие волны частотой от 10 до 15 Гц (частоты, слышимые ухом) и возбуждает в каждом годичном слое древесины изгибные колебания звуковых частот. Изменение механического импеданса будет означать изменение плотности каждого годичного слоя древесины. Прибор анализирует полученную информацию и выдает на экране график, аналогичный графику на рис. 3.

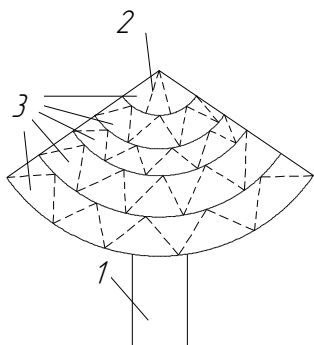


Рис. 2. Схема работы акустического дефектоскопа АД-60К: 1 — датчик (излучатель-детектор); 2 — изгибные колебания звуковых частот; 3 — годовые слои древесины

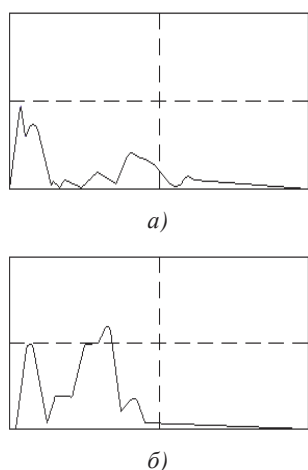


Рис. 3. Результаты измерений АД-60К: а — заготовка с гнилью; б — заготовка без гнили

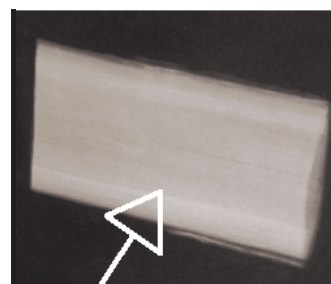
На рис. 3 б представлена диаграмма звуковой волны в древесине без гнили. Пунктиром по горизонтали обозначена линия древесины без дефекта, т. е. кривой, которая доходит до этой линии, обозначена часть древесины, не имеющая дефекта. На диаграмме после информации о здоровой части древесины кривая падает, и затем происходит скачок. Значительное увеличение на графике обусловлено наличием в древесине сучка. В том же месте на рис. 3 а увеличения звуковой волны не наблюдается, поскольку в древесине с гнилью рост акустических показателей невозможен. Плотность гнили, как показано на рисунке, имеет неравномерный характер.

Анализ диаграмм распространения колебаний звуковых частот в заготовках производился в сравнении с фотографиями, полученными рентгеновским методом. Снимки заготовок на основе рентгеновского метода представлены на рис. 4.

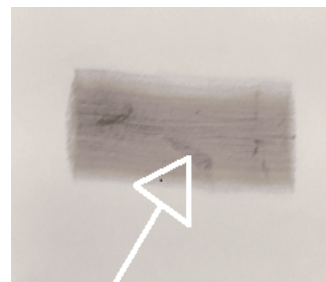
На рис. 4, поз. 1, стрелкой указана линия перехода от здоровой части древесины к части, пораженной сердцевинной гнилью. На рис. 4, поз. 2, стрелкой указан сучок, находящийся внутри заготовки без гнили.

Недостатком метода теневого съема является то, что замер производится точно, исследуется только та часть древесины, по которой проходит ультразвук. Для анализа среза необходимо провести более 12 замеров по окружности, желательно с наименьшим шагом, чтобы получить достоверные данные, так как гниль может

не располагаться посередине, а быть сдвинута к краю ствола. Данный метод не подходит для дефектоскопии круглых лесоматериалов, так как требует значительного времени и не является конкурентоспособным.



1)



2)

Рис. 4. На фотографиях рентгеновских снимков: 1 — заготовка осины, пораженная сердцевинной гнилью; 2 — заготовка без сердцевинной гнили, имеющая вросший сучок

К достоинствам импедансного метода относятся простота конструкции, легкость автоматизации процесса, а также низкая стоимость. Для выявления дефекта в древесине достаточно одного замера. Прибор показывает точечную картину, как если бы древесину раскряжевали. Можно получить информацию о наличии или отсутствии дефекта, а также о его природе. Прибор выявляет гниль, сучки, смоляные кармашки и т. д. в месте, куда был установлен датчик. Для получения данных о древесине по всей длине нужно провести замеры с шагом в 5 см. К прибору можно подключить до 10 датчиков, что делает возможным внедрить прибор как на лесосеке, так и на верхнем или нижнем складе.

Эксперимент по методу рентгенографии проводился на оборудовании компании Smiths Detection/Heimann, досмотровом рентгене проходного типа, модель PLane.pro, фотография которого представлена на рис. 5.



Рис. 5. Досмотровый прибор на основе рентгеновского излучения Smiths Detection PLane.pro

Досмотровый прибор на основе рентгеновского излучения (далее досмотровый рентген) позволяет проводить дефектоскопию проходного типа. Оборудование имеет уже готовый интерфейс и позволяет получить на экране установки изображение высокого качества. Система основана на фиксации смены контраста и цвета для выделения искомого объекта.

На рис. 6 представлены рентгеновские снимки неокоренной заготовки с гнилью в виде структуры волокон. Стрелками показана линия перехода от здоровой части заготовки к сердцевинной гнили. Используя смену контрастов, возможно показать всю полость гнили, которая будет иметь, по сравнению со здоровой частью, другой оттенок (на рис. 4, поз. 1, с торца видно толщину гнили и здорового слоя). Это позволяет выделить границу гнили и построить программу при осуществлении фрезерования гнили.

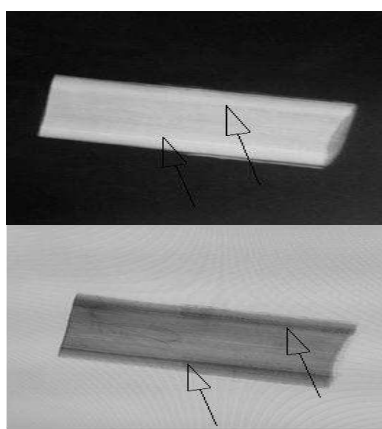


Рис. 6. Фотоснимки рентгенограмм заготовок с гнилью

Рентгеновский метод определения плотности древесины менее трудоемок, но требует более дорогого оборудования.

При определении плотности образцы древесины просвечивают мягкими рентгеновскими лучами по 10–20 шт. и по негативам, с помощью микрофотометра и записывающего устройства, снимают графики распределения внутрикольцевой плотности. Точность результатов при этом зависит от правильности приготовленных образцов и равномерности дозировки излучения.

Досмотровый рентген для выявления внутренних пороков может использоваться на обрабатывающей линии с оператором. Для автоматических линий с использованием досмотрового рентгена необходимо создать алгоритм распознавания образов для выявления внутренних пороков. Использование досмотрового рентгена обеспечивает высокую скорость проведения замеров вне зависимости от размера предмета исследования.

Выводы

В России объемы лесозаготовок с применением машин типа харвестер и форвардер составляют около 20–25 % относительно их общего объема. Более 70 % заготовок производится компаниями с небольшим объемом грузооборота при помощи бензопил. Метод дефектоскопии должен выбираться в зависимости от объема перерабатываемой древесины. Обобщая информацию, можно сказать, что для внедрения в линию по переработке низкокачественной древесины подходят

только два метода — импедансный, на основе прибора АД-60К, и метод рентгенографии на основе досмотрового рентгена.

Имея объем заготовок или переработки древесины более 50 тыс. м³, предприятие может приобрести досмотровый рентген стоимостью около 5 млн р. и окупить инвестиции менее чем за 3 года, при меньшем объеме целесообразно отдать предпочтение модернизированному акустическому дефектоскопу АД-60К стоимостью 350 тыс. р., который окупится менее чем за год.

Литература

1. Кармадонов А.Н. Приборы и методы неразрушающего контроля качества лесоматериалов: дис. ... д-ра техн. наук. Томск, 2004. 275 с.
2. Основные характеристики и инструкция по эксплуатации акустического дефектоскопа Pundit PL-200 [Электронный ресурс] // Proceq: сайт. URL: https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Pundit%20PL-200_Operating%20Instructions_Russian_high.pdf (дата обращения: 08.12.2016).
3. Ласточкин П.В. Дефектоскопия древесины и возможности ее применения в автоматизированных разделочных установках. М., 1962.
4. Лакатош Б. К. Дефектоскопия древесины. М., 1966.
5. Петровский В.С. Оптимизация раскроя хлыстов. М.: Лесная промышленность, 1962.
6. Вильке Г.А. Основы автоматизации и автоматизации производственных процессов лесопромышленных предприятий. М.: Гослесбумиздат, 1967. С. 174.
7. Симоненко А.А. Методы и средства таможенного контроля плотности древесины: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2014. 194 с.
8. Куницкая О.А., Бурмистрова С.С. Проблема заготовки и обработки низкокачественной древесины в Российской Федерации // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заочной науч.-практической конф. Воронеж, 2014. № 2, Ч. 3. С. 78–82.
9. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика, статьи, выступления, издание третье, дополненное. М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981.
10. Соколова В.А., Григорьев И.В., Шапиро В.Я., Гумерова О.М., Свойкин Ф.В. Расчет параметров фрезерной окорки древесины с учетом изменчивости физико-механических свойств коры // Леса России в XXI веке: материалы пятой междунар. науч.-практической интернет-конф. СПб., 2010. С. 11–19.
11. Jingjing Shi, Enlong Yang. Post-electrospinning crosslinking of guar/polyvinyl alcohol membrane // THERMAL SCIENCE. 2016. Vol. 20, № 1.
12. Fetecau C., Rubbab Q., Akhter S. New methods to provide exact solutions for some unidirectional motions of rate type fluids // THERMAL SCIENCE. 2016. Vol. 20, № 1.
13. Mehdi Rashidi M., Freidooni Mehr N. Series solutions for the flow in the vicinity of the equator of an MHD boundary-layer over a porous rotating sphere with heat transfer // THERMAL SCIENCE. 2014. Vol. 18, Sup. 2.
14. Selimefendigil F., Öztöp H.F. Effects of an adiabatic fin on the mixed convection heat transfer in a square cavity with two ventilation ports // THERMAL SCIENCE. 2014. Vol. 18, № 2.
15. Hajmohammadi M.R., Moulod M., Shariatzadeh O.J., Nourazar S.S. New methods to cope with temperature elevations in heated segments of flat plates cooled by boundary layer flow // THERMAL SCIENCE. 2016. Vol. 20, № 1.

16. Rajabnia H., Abedini E., Tahmasebi A., Behzadmehr A. Experimental investigation of subcooled flow boiling of water/TiO₂ nanofluid in a horizontal tube // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20. № 1.

17. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A., Volkov R.S. Experimental investigation of evaporation enhancement for water droplet containing solid particles in flaming combustion area // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

18. Baghsheikhi M., Rahbari A., Ashrafizadeh S.M., Bidabadi M. The effect of fuel pyrolysis on the coal particle combustion: An analytical investigation // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

19. Changchun Xu, Min Xu, Ming Zhao, Junyu Liang, Juncong Sai, Yalin Qiu, Wenguo Xiang. Performance improvement of a 330MWe power plant by flue gas heat recovery system // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

20. Busiso M., Edson L.M., Simon M. Thermal and electrical energy yield analysis of a directly water cooled photovoltaic module // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, Sup. 2.

21. Phillips O.A., Ibrahim S. Al-Mutaz, Egelioglu F. Thermo-economic performance of inclined solar water distillation systems // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, Sup. 2.

22. Abdalkhalaq M., Haddam A.C., Sidi Mohammed El Amine Bekkouche, Tayeb Benouaz, Maamar Hamdani, Mohamed Kamel Cherier, Noceir Benamran. Integration of eaves and shading devices for improving the thermal comfort in a multi-zone building // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, № 2.

References

1. Karmadonov A.N. Devices and methods for non-destructive testing of timber: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Tomsk, 2004. 275 p.

2. Basic characteristics and instructions for operation of the acoustic flaw detector Pundit PL-200 [Elektronnyi resurs] // Proceq: URL.

https://www.proceq.com/uploads/tx_proceq-productcms/import_data/files/Pundit%20PL-200_Operating%20Instructions_Russian_high.pdf (data obrashcheniya: 08.12.2016).

3. Lastochkin P.V. Nondestructive Testing of wood and its applications in automated cutting plant. M., 1962.

4. Lakatosh B. K. Nondestructive Testing of wood. M., 1966.

5. Petrovskii B.C. Optimization of cutting whips/timber industry. M.: Lesnaya promyshlennost', 1962.

6. Vil'ke G.A. Fundamentals of automation and automation of production processes of forest industry enterprises. M.: Goslesbumizdat, 1967. P. 174.

7. Simonenko A.A. Methods and means of customs control of wood density: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2014. 194 p.

8. Kunitskaya O.A., Burmistrova S.S. Problem of preparation and processing of low-commodity wood in the Russian Federation // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: terriya i praktika: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunar. zaochnoi nauch.-prakticheskoi konf. Voronezh, 2014. № 2, Ch. 3. P. 78-82.

9. Kapitsa P.L. Experiment, theory, practice, articles, speeches. M.: Nauka: Gl. red. fiz.-mat. lit., 1981.

10. Sokolova V.A., Grigor'ev I.V., Shapiro V.Ya., Gumerova O.M., Svoikin F.V. Calculation of parameters of milling debarking given the variability in physical and mechanical properties of bark // Lesa Rossii v XXI veke: materialy pyatoi mezhdunar. nauch.-prakticheskoi internet- konf. SPb., 2010. P. 11-19.

11. Jingjing Shi, Enlong Yang. Post-electrospinning crosslinking of guar/polyvinyl alcohol membrane // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

12. Fetecau S., Rubbab Q., Akhter S. New methods to provide exact solutions for some unidirectional motions of rate type fluids // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

13. Mehdi Rashidi M., Freidooni Mehr N. Series solutions for the flow in the vicinity of the equator of an MHD boundary-layer over a porous rotating sphere with heat transfer // *THERMAL SCIENCE*. 2014. Vol. 18, Sup. 2.

14. Selimefendigil F., Öztop H.F. Effects of an adiabatic fin on the mixed convection heat transfer in a square cavity with two ventilation ports // *THERMAL SCIENCE*. 2014. Vol. 18, № 2.

15. Hajmohammadi M.R., Moulod M., Shariatzadeh O.J., Nourazar S.S. New methods to cope with temperature elevations in heated segments of flat plates cooled by boundary layer flow // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

16. Rajabnia N., Abedini E., Tahmasebi A., Behzadmehr A. Experimental investigation of subcooled flow boiling of water/TiO₂ nanofluid in a horizontal tube // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20. № 1.

17. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A., Volkov R.S. Experimental investigation of evaporation enhancement for water droplet containing solid particles in flaming combustion area // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

18. Baghsheikhi M., Rahbari A., Ashrafizadeh S.M., Bidabadi M. The effect of fuel pyrolysis on the coal particle combustion: An analytical investigation // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

19. Changchun Xu, Min Xu, Ming Zhao, Junyu Liang, Juncong Sai, Yalin Qiu, Wenguo Xiang. Performance improvement of a 330MWe power plant by flue gas heat recovery system // *THERMAL SCIENCE*. 2016. Vol. 20, № 1.

20. Busiso M., Edson L.M., Simon M. Thermal and electrical energy yield analysis of a directly water cooled photovoltaic module // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, Sup. 2.

21. Phillips O.A., Ibrahim S. Al-Mutaz, Egelioglu F. Thermo-economic performance of inclined solar water distillation systems // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, Sup. 2.

22. Abdalkhalaq M., Haddam A.S., Sidi Mohammed El Amine Bekkouche, Tayeb Benouaz, Maamar Hamdani, Mohamed Kamel Cherier, Noceir Benamran. Integration of eaves and shading devices for improving the thermal comfort in a multi-zone building // *THERMAL SCIENCE*. 2015. Vol. 19, № 2.