

УДК 674.059

**М. В. Криницина, А. И. Кузнецов**

Уральский государственный лесотехнический университет (Российская Федерация)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО РЕЗАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ НА ЛАЗЕРНО-ГРАВИРОВАЛЬНОМ СТАНКЕ VL 4060**

В статье рассмотрены вопросы исследования глубины резания древесины различных пород: вишни, мербау, клена, ясеня, дуба, бука, оливы и ореха при помощи лазерного излучения в зависимости от мощности лазерного излучения и скорости перемещения лазерного луча по прямолинейной траектории. Проведен анализ результатов измерений с оценкой зависимости глубины реза древесины от скорости резания при мощности ЛИ 65 Вт. Выявлены зависимости свойств древесины от технологических параметров режима обработки.

**Ключевые слова:** лазерная обработка древесины, лазерное резание древесины, деление древесины с помощью лазера, режимы лазерного резания.

**M. V. Krinitsina, A. I. Kuznetsov**

Ural State Forest Engineering University (Russian Federation)

**RESEARCH OF THE MODES OF LASER CUTTING OF SOME BREEDS OF WOOD ON THE LASER AND ENGRAVING VL 4060 MACHINE**

In article questions of research of depth of cutting of wood of various breeds are considered: cherries, a merbau, a maple, an ash-tree, an oak, a beech, an olive and a nut by means of laser radiation depending on the power of laser radiation and speed of movement of a laser beam on a rectilinear trajectory. Whether the analysis of results of measurements with an assessment of dependence of depth of a cut of wood on cutting speed at the power is carried out 65 W. Dependences of properties of wood are educed on the technological parameters of the mode of treatment.

**Key words:** laser treatment of wood, laser cutting of wood, division of wood by means of the laser modes of laser cutting.

**Введение.** В последние годы лазер перешел из научных лабораторий в производственные цехи, где используется в качестве технологического инструмента с различными диапазонами и режимами.

В настоящее время благодаря свойствам, которыми обладает лазерное излучение, лазеры широко используются в различных областях, а также и в деревообрабатывающей промышленности.

По сравнению с традиционными методами обработки древесины деление древесины с помощью лазера обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- при лазерном резании отсутствует механическое воздействие на обрабатываемый материал;
- отпадает необходимость в приобретении и обслуживании режущего инструмента, так как лазер практически не требует обслуживания;
- сфокусированное лазерное излучение регулируемой мощности – инструмент, обеспечивающий качественную гладкую поверхность кромки реза материала независимо от его теплофизических свойств;
- точность позиционирования лазерной головки составляет 0,08 мм, за счет чего достигается высокая точность взаимного расположения элементов заготовки;

- применение лазерной резки возможно на легкодеформируемых и нежестких деталях;

- лазерный луч имеет диаметр около 0,25 мм, что позволяет создать отверстие диаметром от 0,50 мм;

- за счет большой мощности лазерного излучения обеспечивается высокая производительность процесса лазерной резки;

- возможность получить качественный срез, не требующий дополнительной обработки;

- лазерные станки несложны в обращении, экономичны, универсальны и также в одном производстве с помощью лазерных станков можно осуществлять несколько разных производственных процессов;

- для автоматического раскроя материала достаточно подготовить файл рисунка в любой чертежной программе и перенести файл на компьютер установки, которая выдержит перегрешиности в очень малых величинах;

- если системы лазера настроены однажды на конкретный вариант, оптимальные параметры процесса можно восстановить в любое время быстро и легко.

Недостатками деления древесины с помощью лазера в настоящее время являются большая энергоемкость процесса, возможность резания только малых толщин и малые скорости подачи.

Основной проблемой применения данного метода обработки в деревообрабатывающей промышленности и декоративно-прикладном искусстве является отсутствие научно обоснованной информации о режимах резания различных пород древесины. При использовании одинаковых режимов для различных материалов происходит перерасход энергии, времени и понижение качества продукции.

Лазерная технология позволяет имитировать на древесине резьбу, а также наносить долговечные рельефные изображения. До сих пор эти режимы недостаточно отработаны, поэтому встречаются изделия, выполненные при неподходящем для данной породы режиме. Они имеют низкие эстетические показатели. Причиной тому могут быть либо низкая мощность излучения, либо слишком высокая скорость гравирования. В результате применения не соответствующих породе режимов обработки снижается качество обработанной поверхности: обработка лазером происходит не полностью, и рисунок может оказаться нечетким, и требуется повторение операции лазерного резания или, напротив, происходит сильный ожог, обугливание и даже возгорание кромок реза из-за высокой мощности излучения.

Экономическая эффективность лазерного резания повышается при выборе правильных режимов за счет улучшения качества обрабатываемой поверхности и минимального расхода энергии.

**Основная часть.** В основе лазерной обработки лежит простой научный факт: несущий энергию луч можно сконцентрировать на поверхности материала в пятно диаметром в десятые доли миллиметров. Если при этом излучение обладает достаточной мощностью, то происходит плавление, испарение, разрушение, изменение структуры материала. Для превращения лазерного луча в инструмент на его пути на расстоянии нескольких сантиметров от поверхности обрабатываемого материала ставится фокусирующая линза.

В данной статье рассмотрены вопросы исследования глубины резания ( $h$ , мм) массивной древесины при помощи лазерного излучения в зависимости от мощности лазерного излучения ( $P$ , %) и скорости перемещения лазерного луча ( $V$ , мм/с) по прямолинейной траектории на лазерно-гравировальном станке VL 4060.

Для осуществления исследования эксперимент был проведен на кафедре инновационных технологий и оборудования деревообработки УГЛУ.

Экспериментальная установка включает в себя промышленный лазерно-гравировальный станок VL 4060, воздушный компрессор, ПК с

программным обеспечением LaserCut 5.1, электронный штангенциркуль с ценой деления 0,01 мм, а также сканер Xerox 3919 с разрешением 2400 dpi.

Толщина и длина образцов измерялась электронным штангенциркулем, скорость движения устанавливалась и контролировалась при помощи программного обеспечения LaserCut 5.1, глубина резания измерялась при помощи отсканированного изображения и программного обеспечения AutoCad 2009.

Образцы представляют собой бруски толщиной 10 мм, шириной 30 мм и длиной 200 мм восьми пород: бук, вишня, клен, дуб, олива, орех, ясень и мербау. Древесина не имела пороков (рис. 1).

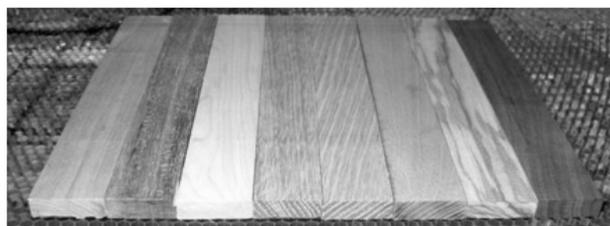


Рис. 1. Образцы вишни, мербау, клена, ясеня, дуба, бука, оливы и ореха

Для получения одинаковой толщины образцы древесины прошли технологическую операцию – рейсмусование.

Образцы древесины укладывались на ячеистый стол станка, положение фокальной плоскости  $f$  было настроено на верхнюю поверхность, и в течение проведения эксперимента не изменялось (рис. 2).

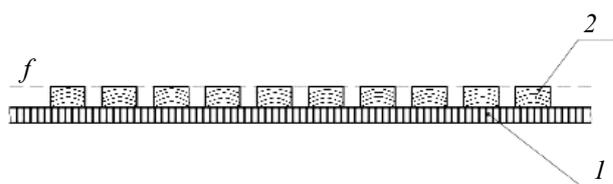


Рис. 2. Положение фокальной плоскости:  
1 – ячеистый стол лазерно-гравировального станка;  
2 – образцы древесины

Перед проведением эксперимента было проверено соответствие программно-установленной скорости каретки станка фактической с помощью секундомера по изложенной ниже методике. Скорость измерялась косвенно путем вычисления отношения длины экспериментального участка к времени прохождения лазерным лучом этого участка, причем для получения установившегося движения каретки она начинала движение с расстояния 200 мм до экспериментального участка. Проверка показала,

что измеренная скорость соответствует программно-установленной скорости с помощью программного обеспечения LaserCut 5.1. В дальнейшем скорость контролировалась также посредством использования программного обеспечения LaserCut 5.1.

В ходе проведения эксперимента скорость перемещения лазерного луча ( $V$ , мм/с) ступенчато менялась и составляла: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм/с. Мощность лазерного излучения в ходе проведения эксперимента изменялась ступенчато и соответствовала: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100% от максимальной мощности станка, составляющей 65 Вт. Каждому из десяти значений мощности лазерного излучения ( $P$ , %) соответствовали десять значений скорости (рис. 3).

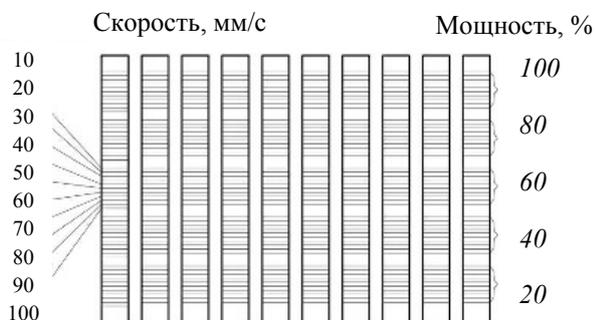


Рис. 3. Упрощенная схема скоростно-мощностных режимов лазерного резания

Все резы были сделаны поперек волокон древесины при одном направлении движения лазерной головки (рис. 4).



Рис. 4. Лазерное резание образцов древесины

В результате проведения эксперимента было сделано 100 резов с различными скоростно-мощностными режимами (рис. 5).

Для удаления следов ожога с кромки все образцы были профрезерованы на станке Beaver 9AT.

Измерения глубины реза выполнялись на отсканированном изображении кромки образ-

цов с помощью программного обеспечения AutoCad. По результатам экспериментальных измерений глубины реза ( $h$ , мм) в зависимости от мощности ( $P$ , %) и скорости лазерного излучения ( $V$ , мм/с) на древесину построены графики (рис. 6).

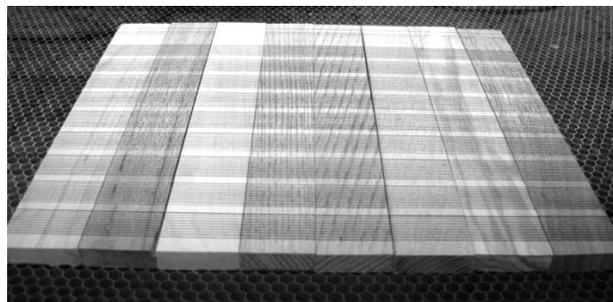


Рис. 5. Образцы после испытаний

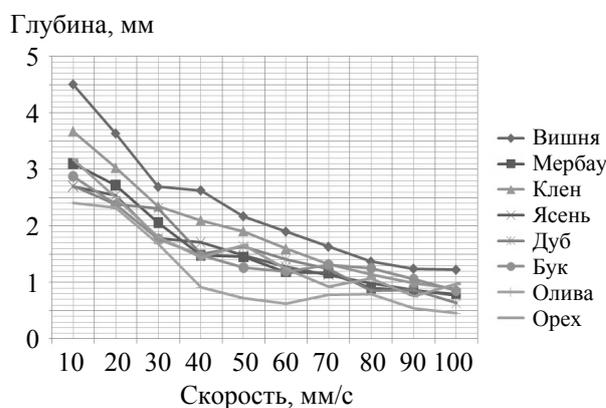


Рис. 6. Зависимость глубины реза от скорости резания при мощности ЛИ 65 Вт

Глубина реза ( $h$ , мм) находится в обратно пропорциональной зависимости от скорости резания – на малых скоростях (10–30 мм/с) наибольшая глубина реза (1,5–4,5 мм). Это объясняется тем, что на малых скоростях воздух, подающийся компрессором на лазерную головку, более интенсивно участвует в процессе испарения (горения) и способствует процессу резания.

При увеличении времени резания ( $t$ , с) глубина реза ( $h$ , мм) растет быстрее, чем при увеличении мощности ( $P$ , %). Это обуславливается процессами экзотермических реакций древесины с атмосферным кислородом [1–6].

**Заключение.** Правильный выбор параметров процесса заметно сокращает обгорание кромок древесины и появление запаха. Проведенные исследования показывают, что легче всего лазерным излучением обрабатывается древесина вишни и клена – при скорости 10 мм/с, глубина реза составляет 4,5 мм, сложнее всего – древесина оливы – глубина реза составляет 2,5 мм.

### Литература

1. Лазерная установка для резания древесины и плит / Бiryukov M. B. [и др.] // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1986. № 3. С. 32.
2. Микильшин Г. Ю., Сафонов А. Н., Скоромник В. И. Лазерное технологическое оборудование для обработки древесины и древесных материалов // *Обзорная информация. Мебель*. 1989. № 2. С. 46.
3. Кузнецов А. И., Шимон Е. В., Новоселова М. В. К вопросу о режиме резания шпона ценных пород древесины // *Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века: труды V Международного евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 2010. С. 232–234.
4. Кузнецов А. И., Шимон Е. В. К вопросу о технологическо-художественном потенциале лазерного резания древесины // *Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века: труды V Международного евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 2010. С. 83–85.
5. Новоселова М. В., Кузнецов А. И., Николаева Т. Ю. Математическая модель режимов лазерного резания древесины березы // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды VIII Международного евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 2013. С. 94–97.
6. Лазер по мебели // *Фабрика мебели: сайт*. URL: // [www.fabrikam.ru/proizvodstvo/27-oborudovanie/1030-lazer-po-mebeli.html](http://www.fabrikam.ru/proizvodstvo/27-oborudovanie/1030-lazer-po-mebeli.html) (дата обращения: 10.02.2015).

### References

1. Biryukov M. V., Kleba N. P., Sorokin D. S., Roslyakov A. A. The laser machine for cutting of wood and plates. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [The Woodworking industry], 1986, no. 3, p. 32 (In Russian).
2. Mikul'shin. G. Yu., Safonov A. N., Skoromnik V. I. Laser technological equipment for processing of wood and wood materials. *Obzornaya informatsiya. Mebel'* [Survey information. Furniture], 1989, no. 2, p. 46 (In Russian).
3. Kuznetsov A. I., Shimon E. V., Novoselova M. V. To a question of the mode of cutting of an inter-line interval of valuable breeds of wood. *Trudy V Mezhdunarodnogo evraziyskogo simpoziuma (Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzhment XXI veka)* [Proceedings V of the International eurasian symposium (Woodworking. Technologies. Equipment. Management at the XXI century)]. Ekaterinburg, 2010, pp. 232–234 (In Russian).
4. Kuznetsov A. I., Shimon E. V. To a question of the technological and art potential of laser cutting of wood. *Trudy V Mezhdunarodnogo evraziyskogo simpoziuma (Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzhment XXI veka)* [Proceedings V of the International eurasian symposium (Woodworking. Technologies. Equipment. Management at the XXI century)]. Ekaterinburg, 2010, pp. 83–85 (In Russian).
5. Novoselova M. V., Kuznetsov A. I., Nikolaeva T. Yu. Mathematical model of the modes of laser cutting of wood of a birch. *Trudy VIII Mezhdunarodnogo evraziyskogo simpoziuma (Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovanie, menedzhment XXI veka)* [Proceedings VIII of the International Eurasian symposium (Woodworking. Technologies. Equipment. Management at the XXI century)]. Ekaterinburg, 2013, pp. 94–97 (In Russian).
6. *Lazer po mebeli* [The laser on furniture]. Available at: <http://www.fabrikam.ru/proizvodstvo/27-oborudovanie/1030-lazer-po-mebeli.html> (accessed 10.02.2015).

### Информация об авторах

**Креницина Марина Владимировна** – аспирант кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: NovoselovaMW@mail.ru

**Кузнецов Алексей Иванович** – аспирант кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки. Уральский государственный лесотехнический университет (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Российская Федерация). E-mail: akwer@yandex.ru

### Information about the authors

**Krinitina Marina Vladimirovna** – PhD student, the Department of Innovative Technologies and the Equipment of a Woodworking. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, 620100, Ekaterinburg, Russian Federation). E-mail: NovoselovaMW@mail.ru

**Kuznetsov Aleksy Ivanovich** – PhD student, the Department of Innovative Technologies and the Equipment of a Woodworking. Ural State Forest Engineering University (37, Sibirskiy trakt, 620100, Ekaterinburg, Russian Federation). E-mail: akwer@yandex.ru

Поступила 16.02.2016