

2. Гончаров П.Э. Лесопатрульный автомобиль на базе тяжёлого грузового автомобиля повышенной проходимости [Текст] / П. Э. Гончаров, П. И. Попиков, М. А. Гнусов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции / гл. ред. В. М. Бугаков; Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Воронеж. гос. лесотехн. акад.». – Воронеж, 2014. – № 2 (2). – С. 64–69.

3. Драпалюк М. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013612484. Имитационная модель двухроторного пожарного грунтомета / М. А. Гнусов, Д. В. Лепилин, М. В. Драпалюк, И. М. Бартенев, П. Э. Гончаров, Д. Ю. Дручинин

4. Советов, Б. Я. Моделирование систем [Текст] : учеб. пособие / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высш. шк., 1998. – 319 с.

5. Драпалюк М.В. Математическая модель процесса подачи и выброса грунта рабочими органами комбинированной машины для тушения лесных пожаров [Электронный ресурс] / М. В. Драпалюк, И. М. Бартенев, М. А. Гнусов, Д. Ю. Дручинин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84 (10). – С. 292–306.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-38-60041 – Совершенствование методологической базы моделирования системы и процессов ликвидации лесных пожаров направленно-регулируемым потоком грунта.

УДК 621.914:519.876

А.А. Грибанов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДАПТИВНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технология адаптивного декоративного фрезерования заключается в изменении технологических параметров процесса фрезерования (в частности, скорости подачи фрезы) в зависимости от структуры поверхности древесины в месте обработки [1, 2]. Для адаптивного декоративного фрезерования целесообразно использовать методику оптического распознавания ориентации волокон.

Технология адаптивного фрезерования наиболее эффективна для декоративного фрезерования, когда фреза движется по сложной траектории в пространстве, при этом взаимная ориентация направления подачи и волокон существенно изменяется вдоль траектории. Кроме того, на участках траектории с малым радиусом кривизны, адаптивный выбор технологических параметров позволяет существенно снизить вероятность скола древесины. Особенно эффективна технология адаптивного фрезерования для древесины малоценных пород, обладающих низкими механическими свойствами и сложной структурой поверхности, поэтому в высокой степени подверженной разрушению.

Технология адаптивного фрезерования в первую очередь может быть использована малыми предприятиями, с мелкосерийным и заказным производством декоративных элементов мебели. В условиях работы данных предприятий нет возможности подбирать режимы фрезерования опытным путем, как это делается на крупных мебельных предприятиях с крупносерийными заказами.

Ниже предлагается выбирать скорость подачи фрезы в зависимости от структуры древесины в области обработки. Рассмотрим математический аппарат для определения структуры поверхности вдоль линии фрезерования, и для коррекции скорости подачи фрезы.

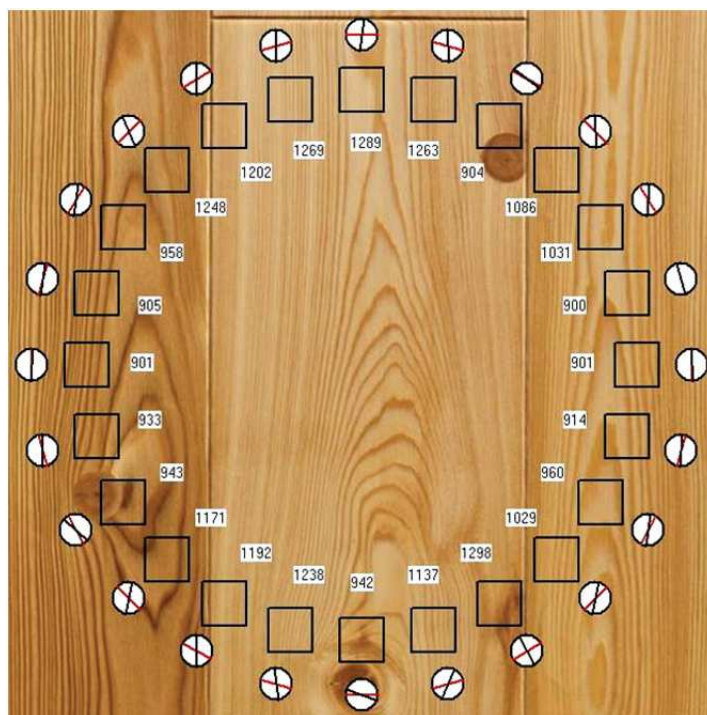


Рис. 1 – Сопоставление угла траектории и угла ориентации волокон (соответственно красный и черный отрезки в кругах) и результаты определения локальных скоростей подачи (числа, в мм/мин. у квадратов)

После определения угла ориентации волокон α (что делается с использованием методики оптического распознавания структуры поверхности древесины), необходимо сравнить этот угол с углом траектории движения фрезы β в данной локальной области и выбрать скорость подачи фрезы. Для этого, по результатам экспериментальных исследований, предлагается выражение следующего вида:

$$v_{\text{под}} = \frac{v_{\text{под}}^0 + v_{\text{под}}^{90}}{2} + \frac{v_{\text{под}}^0 - v_{\text{под}}^{90}}{2} \cos 2(\alpha - \beta),$$

где $v_{\text{под}}$ – скорость подачи фрезы в данной точке траектории; $v_{\text{под}}^0$ и $v_{\text{под}}^{90}$ – оптимальные скорости подачи фрезы вдоль волокон и поперек волокон, обеспечивающие наименьшие шероховатость и повреждения поверхности.

На рисунке 1 рассчитаны скорости подачи фрезы $v_{\text{под}}$ для каждого из 24 изображений. Как видно из рисунка, целесообразно изменять в широких пределах скорость подачи фрезы в процессе обработки.

Таким образом, окончательное выражение для определения оптимальной скорости подачи фрезы при адаптивном фрезеровании можно записать следующим образом.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{под}} = \frac{v_{\text{под}}^0 + v_{\text{под}}^{90}}{2} + \frac{v_{\text{под}}^0 - v_{\text{под}}^{90}}{2} \cos 2(\alpha - \beta); \\ \alpha = \begin{cases} 90^\circ P_x^n + 0^\circ P_y^n, & P_{d1} < P_{d2}; \\ 90^\circ P_x^n + 180^\circ P_y^n, & P_{d1} > P_{d2}; \end{cases} \\ P_x^n = P_x / (P_x + P_y); \quad P_y^n = P_y / (P_x + P_y); \\ P_x = \sqrt{\sum_{i=0}^{k_{\text{max}}} w_{xk}^2}; \quad P_y = \sqrt{\sum_{i=0}^{k_{\text{max}}} w_{yk}^2}; \quad P_{d1} = \sqrt{\sum_{i=0}^{k_{\text{max}}} w_{d1k}^2}; \quad P_{d2} = \sqrt{\sum_{i=0}^{k_{\text{max}}} w_{d2k}^2}; \\ w_{xk} = \sqrt{\left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0} - I_{0x}) \cos(\omega ki) \right)^2 + \left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0} - I_{0x}) \sin(\omega ki) \right)^2}; \\ w_{yk} = \sqrt{\left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0, j_0+i} - I_{0y}) \cos(\omega ki) \right)^2 + \left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0, j_0+i} - I_{0y}) \sin(\omega ki) \right)^2}; \\ w_{d1k} = \sqrt{\left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0+i} - I_{0d1}) \cos(\omega ki) \right)^2 + \left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0+i} - I_{0d1}) \sin(\omega ki) \right)^2}; \\ w_{d2k} = \sqrt{\left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0-i} - I_{0d2}) \cos(\omega ki) \right)^2 + \left(\sum_{i=-l}^{+l} (I_{i_0+i, j_0-i} - I_{0d2}) \sin(\omega ki) \right)^2}; \\ I_{0x} = \frac{1}{2l+1} \sum_{i=-l}^l I_{i_0+i, j_0}; \quad I_{0y} = \frac{1}{2l+1} \sum_{i=-l}^l I_{i_0, j_0+i}; \\ I_{0d1} = \frac{1}{2l+1} \sum_{i=-l}^l I_{i_0+i, j_0+i}; \quad I_{0d2} = \frac{1}{2l+1} \sum_{i=-l}^l I_{i_0+i, j_0-i}. \end{array} \right.$$

Предложенный математический аппарат может быть как непосредственно встроен в управляющую программу, так и реализован в виде отдельных модулей (dll-библиотек и API-функций).

Список использованных источников

1. Грибанов, А.А. Адаптивные регуляторы в составе АСУ ТП [Текст] / А. А. Грибанов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 5–4 (16–4). – С. 356–360.

2. Грибанов, А.А. Адаптивное регулирование в современных АСУ ТП [Текст] / А. А. Грибанов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017, № 4 (30). – С. 26–30.

УДК 681.518.3

А.А. Грибанов, А.С. Василенко
Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г. Ф. Морозова

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Для управления технологическим объектом, управляющее устройство должно располагать информацией о его свойствах и состоянии в настоящий момент времени. Такие данные обеспечиваются введением в управляющее устройство информации, объем которой зависит от выполняемых им задач и сложности самого объекта управления. В рамках системного подхода любой объект следует рассматривать как систему с какими либо входами и выходами. В том числе технологический объект можно представить как систему, входными исполнительными устройствами которой являются различного рода исполнительные приводы с передаточными устройствами, а выходными – параметры технологического процесса. В этом случае управляющее устройство должно вырабатывать воздействия на входы технологического объекта, так чтобы выходные технологические параметры для обеспечения требуемого качества выпускаемой продукции принимали заданное или оптимальное значение и не превышали допустимых значений. Это значит, что управляющие воздействия и их последовательность должны формироваться управляющим устройством с учетом особенностей технологического объекта, его состояния и тем самым обеспечивать необходимое целенаправленное протекание технологического процесса.