

ptic [Poultry and technology of production of eggs and poultry]. Moscow, 1994, 271 p.

9. GOST R 53155-2008 «*Produkty iaichnye zhidkie i suhie pishhevye. Tehnicheskie usloviia*» [GOST R 53155-2008 "Egg products, liquid and dry food. Specifications"].

10. Ginzburg A.S. *Osnovy teorii i tehniki sushki pishhevyykh produktov* [Fundamentals of the theory and technology of food drying]. Moscow, 1975, 527 p.

11. Guba O.E., Maksimenko Iu.A. Issledovanie kinetiki raspylitel'noi sushki melanzha s uchetom vlianiia osnovnykh faktorov na intensivnost' teplomassoobmena [Kinetics Study of spray drying melange with the influence of the main factors on the intensity of heat and mass transfer]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. Moscow, 2014, № 7 (75), pp. 72–74.

12. Guba O.E. *Sovershenstvovanie i nauchnoe obosnovanie sposoba sushki iaichnykh produktov : dis. ... kand. Tehn. nauk* [Improving the scientific basis and method for drying egg products: Doct. dis.]. Voronezh, 2015, 220 p.

13. Kochish I.I., Petrash M.G., Smirnov S.B. *Pticevodstvo* [Aviculture]. Moscow, 2003, 407 p.

14. Lebedev P.D. *Raschet i proektirovanie sushil'nykh ustanovok* [Calculation and design of dryers]. Moscow ; Leningrad, 1963, 320 p.

15. Lebedev P.D. Vysokotemperaturnaia sushka materialov pod deistviem vnutrennego gradienta davlenii para [High-

temperature drying of materials under the influence of the internal pressure gradient pair]. *Trudy Moskovskogo energeticheskogo instituta* [Works Dept]. 1958, v. 30, pp. 169–178.

16. Lykov A.V. *Teoriia sushki* [Drying Theory]. Moscow, 1968, 471 p.

17. Lykov A.V. *Teplomassobmen* [Heat and Mass Transfer]. Moscow, 1978, 478 p.

18. Maksimenko Iu.A. *Sovershenstvovanie teplomassoobmennyykh processov pri sushke kormovykh drozhzhei v dispergirovannom sostoianii* [Improving the heat and mass transfer processes at drying of fodder yeast in a dispersed state. Doct. Dis.]. Astrahan, 2005, 21 p.

19. Mitrofanov N.S. i dr. *Pererabotka pticy* [Poultry processing]. Moscow, 1990, 303 p.

20. Petrovichev O.A. *Issledovanie teplomassoobmennyykh i gidromekhanicheskikh processov pri raspylitel'noi sushke pektinovogo ekstrakta* [Research heat and mass transfer and hydro processes in spray-dried extract pectin: Doct. dis.]. Astrahan, 2007, 172 p.

21. Potter D. *Vychislitel'nye metody v fizike* [Computational methods in physics]. Moscow, 1975, 386 p.

22. Smetnev S.I. *Pticevodstvo* [Aviculture]. Moscow, 1978, 304 p.

23. Tret'akov N.P., Bessarabov B.F. *Pererabotka produktov pticevodstva* [Processing of poultry products]. Moscow, 1985, 287 p.

УДК 677.021:62.523

Д.Н. Зверев

Костромская городская телефонная сеть,

В.Г. Дроздов

Костромской государственной технологической университет

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Авторами предложен метод контроля толщины льнотресты и создана система, позволяющая осуществлять автоматический контроль за толщиной стеблей льна на всех технологических переходах и этапах работы мяльно-трепального агрегата.

Автоматизация, мяльно-трепальный агрегат, система технического зрения, лазерная система сканирования, льнотреста, толщина слоя.

The authors offer a control method of thickness of flax stock and create a system allowing to exercise flaxstems' thickness automatic control on all technological steps and stages of work of the brake – tow scutcher unit.

Automation, brake – tow scutcher unit, machine vision system, laser scanning system, flax stock, layer thickness.

Введение

Задача исследования состояла в разработке системы автоматического контроля толщины слоя стеблей. При этом общая система управления мяльно-трепального агрегата (МТА) будет получать информацию о технологических параметрах исследуемого материала – льнотресты – и формировать управляющие воздействия на отдельные блоки системы управления МТА [1], [2]. Для реализации этой задачи были использованы компьютер, видеокамера, лазерный диод красного спектра.

Основная часть

Вся информация о высоте слоя, считываемая системой технического зрения (СТЗ), а также информация о влажности слоя, другие его технологические

параметры, такие как длина и ширина слоя, растянутость, углы дезориентации, поступает на программно-логический контроллер (ПЛК), который вырабатывает оптимальные режимы работы МТА и посылает соответствующие сигналы на блоки управления процессами получения волокна.

Для определения толщины слоя недостаточно использования одной или нескольких камер, входящих в уже существующие системы технического зрения [4], [5]. Информация, поступающая с такого вида системы, будет неточной, не сможет в полном объеме отображать выводы о толщине слоя. Поэтому в предлагаемой системе в совокупности с видеодатчиками используется лазерный диод красного спектра, который позволяет получить более точные значения толщины слоя, чем в предыдущих исследованиях [3].

Лазерный диод – полупроводниковый лазер, построенный на базе диода. Его работа основана на возникновении инверсии населенностей в области р-п перехода при инжекции носителей заряда [6].

Лазерный уровень, используемый в эксперименте, – это генератор когерентных и монохроматических электромагнитных волн видимого диапазона в виде узконаправленного луча. Уровень был изготовлен на основе красного лазерного диода, который излучает волны в диапазоне 635–670 нм.



Рис. 1. Лазерный уровень DerMaler

Работа лазерного диода в системе определения толщины слоя состоит в следующем: лазерное излучение, которое генерируется диодом, практически сразу же рассеивается, поэтому после диода установлены специальные собирающие линзы, которые снимают этот эффект. После прохождения через призматическую оптическую систему луч разворачивается в плоскость (рис. 2) и при попадании на рабочую плоскую поверхность строит на ней прямую линию (рис. 4).

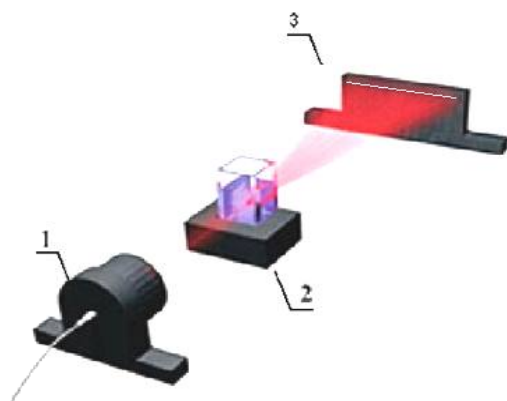


Рис. 2. Разворот лазера в плоскость:
1 – лазерный диод; 2 – оптическая система;
3 – плоская поверхность

Лазерный уровень закреплен над плоскостью, на которой находится льнотреста (рис. 4). Отражение лазера фиксирует несколько камер, которые расположены под определенными углами. Когда на плоскости под лучом лазера нет никаких объектов, камеры фиксируют прямую линию. Координаты этой линии в кадре принимаются за точку отсчета и запоминаются системой. При прохождении слоя льнотресты под лазерным уровнем лазерный луч будет проецироваться на стеблях тресты. Видеокамеры зафикси-

руют изменение положения отраженного луча (рис. 3).

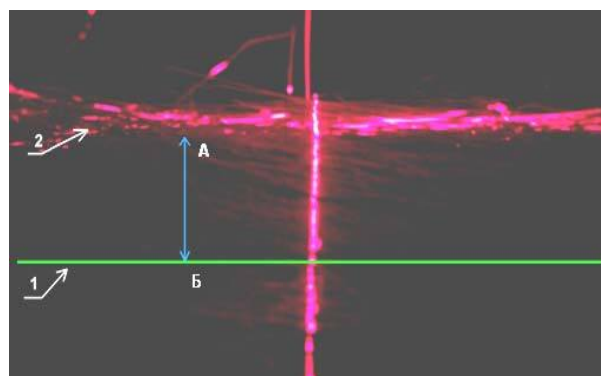


Рис. 3. Проецирование лазерного луча на слой льнотресты:
1 – линия отсчета высоты слоя, нулевое значение оси ординат (прямая линия); 2 – отражение лазера на слое льнотресты

Отрезок АБ обозначает высоту слоя в данной точке X. Схема экспериментального стенда показана на рис. 4. А, Б, В – варианты расположения камеры. Для получения экспериментальных данных камера была закреплена на разной высоте относительно льнотресты, в результате чего съемка проводилась под разными углами (а, б, в – рис. 4). Наиболее оптимальный угол съемки экспериментально был определен как 30°, а камера была закреплена на невибрирующем подвесе, что позволило уменьшить влияние вибрации на видеосъемку.

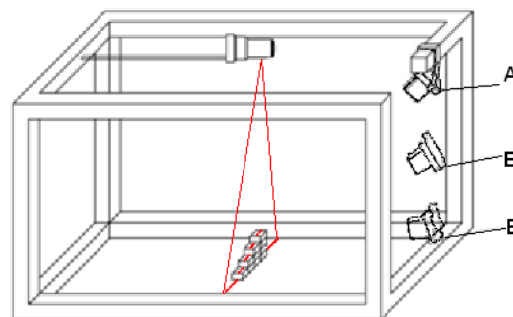


Рис. 4. Схема экспериментального стенда

При реальной работе мяльно-трепального агрегата существует вибрация материала (льнотресты), которая должна быть учтена при настройке и калибровке системы измерений на рабочем МТА.

Смещение белых пикселей относительно нулевой линии, показанное на эталонной модели, обозначает изменения высоты слоя на 1 мм в каждом шаге (рис. 5). Эта запись эталонных значений толщины в память компьютера позволит определять нужный параметр на реальном слое льнотресты. В каждой точке по оси X будет определено расстояние от нулевой отметки до белых пикселей, в которых отражается лазерный луч, – это расстояние и будет толщиной слоя. Такое измерение толщины в каждой координате X позволяет сделать вывод о толщине слоя на протяжении всей длины.

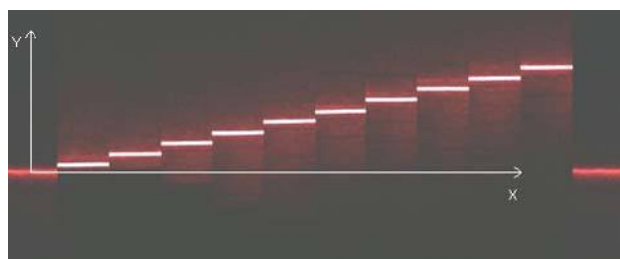


Рис. 5. Калибровка системы измерения толщины слоя

Программная составляющая системы должна считывать данные с web-камеры, обрабатывать их, анализировать, сохранять, отправлять соответствующую информацию на программно-логический контроллер.

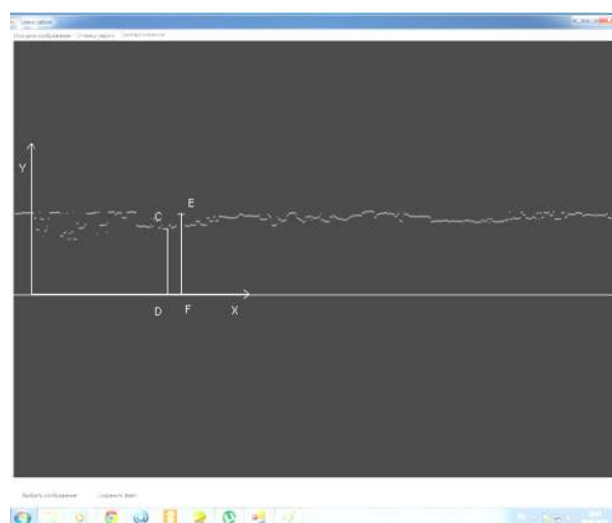


Рис. 6. Результат работы программной составляющей

Выводы

Предлагаемая система позволяет определить технологический параметр слоя льнотресты – ее толщину. Измерения могут осуществляться на любой стадии технологического процесса производства льноволокна. Калибровка, изображенная на рис. 5, позволила определить соотношение, согласно которому: 10 пикселей – 1 мм (среднее расстояние между параллельными горизонтальными отрезками по оси ординат). Применение данной модели позволяет измерить толщину слоя. Приведем пример с произвольно выбранными отрезками CD и EF. Измерения показывают, что длина отрезка CD равна 63 пикселя, что составляет 6,3 мм, а длина отрезка EF – 79 пикселей, равных 7,9 мм. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность реализации предлагаемого варианта контроля толщины слоя льнотресты.

Литература

1. Автоматизация производства льняного волокна. Кострома, 2008. 212 с.
2. Вихарев С.М. Совершенствование методов и средств управления процессами получения длинного льняного волокна на мяльно-трепальном агрегате. Кострома, 2010. 103 с.
3. Дроздов Ю.В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2003.
4. Дроздов В.Г., Голубев В.Н. Автоматизация зарубежных агрегатов для получения длинного льняного волокна. Кострома, 2013.
5. Дроздов В.Г., Дроздов Ю.В., Ефремов А.С., Катков А.А. Оптимизация и управление технологическими процессами производства длинного волокна. Кострома, 2009. 116 с.
6. Петров С.С., Дроздов В.Г. Принципы построения системы получения и обработки видеoinформации о слое стеблей перед его механической обработкой // Сб. науч. тр. молодых ученых КГТУ. Кострома, 2006. Вып. 7. Ч. 1. С. 3–8.
7. Справочник по лазерной технике. М., 1991. 544 с.

References

1. *Avtomatizaciia proizvodstva l'njanogo volokna: uchebnoe posobie* [Automation of flax fiber production]. Kostroma, 2008, 212 p.
2. Viharev S.M. *Sovershenstvovanie metodov i sredstv upravleniia processami polucheniia dlinnogo l'njanogo volokna na mial'no-trepal'nom aggregate* [Improvement of methods and tools of process control for producing long flax fibers at brake – tow scutcher unit]. Kostroma, 2010, 103 p.
3. Drozdov Iu.V. *Razrabotka avtomaticheskoi sistemy kontrolya i upravleniia polozheniem sloia steblei pri poluchenii trepanogo l'na* [Development of the automatic control system and control of position stems layer upon receipt scutched flax]. Kostroma, 2003, 242 p.
4. Drozdov V.G., Golubev V.N. *Avtomatizaciya zarubezhnykh agregatov dlja polucheniia dlinnogo l'njanogo volokna* [Automation foreign units for long flax fibers]. Kostroma, 2013, 47 p.
5. Drozdov V.G., Drozdov Iu.V., Efremov A.S., Katkov A.A. *Optimizaciia i upravlenie tehnologicheskimi processami proizvodstva dlinnogo volokna* [Optimization and control of technological processes of production of long fiber]. Kostroma, 2009, 116 p.
6. Petrov S.S., Drozdov V.G. *Principy postroeniia sistemy polucheniia i obrabotki videoinformacii o sloe steblei pered ego mehanicheskoi obrabotkoi* [Principles of the system of obtaining and processing of the video layer of stems before machining]. *Sbornik nauchnykh trudov molodykh uchenykh Kostromskogo gosudastvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Collection of scientific works of young scientists of the Kostroma State Technological University]. Kostroma, 2006. Vol. 7, T. 1, pp. 3–8.
7. *Spravochnik po lazernoi tehnike* [Handbook of laser technology]. Moscow, 1991, 544 p.