

УДК 630\*587:621.317

**Е.Ю. Турбал, Б.М. Шифрин**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет им С.М. Кирова»

## СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Благодаря сушке, одному из этапов деревообработки, улучшаются физико-механические свойства древесины и увеличивается срок её хранения.

В качестве объекта модернизации предполагается использовать сушильную камеру периодического действия EcoWood 50. Данная камера имеет хорошие теплоизоляционные свойства. Сушильная камера имеет толщину стен 165 мм в которую входит теплоизоляция 150 мм, и алюминиевые листы толщиной 1 мм с наружной и внутренней стороны ограждающей конструкции. Также плюсом данной камеры является ее полностью алюминиевый каркас и обшивка, что делает камеру более стойкой к коррозии.

Классическим алгоритмом управления, в том числе для сушки пиломатериалов, считается ПИД-регулирование [1]. Пример такого управления сушильной камерой приведен на рисунке 1.

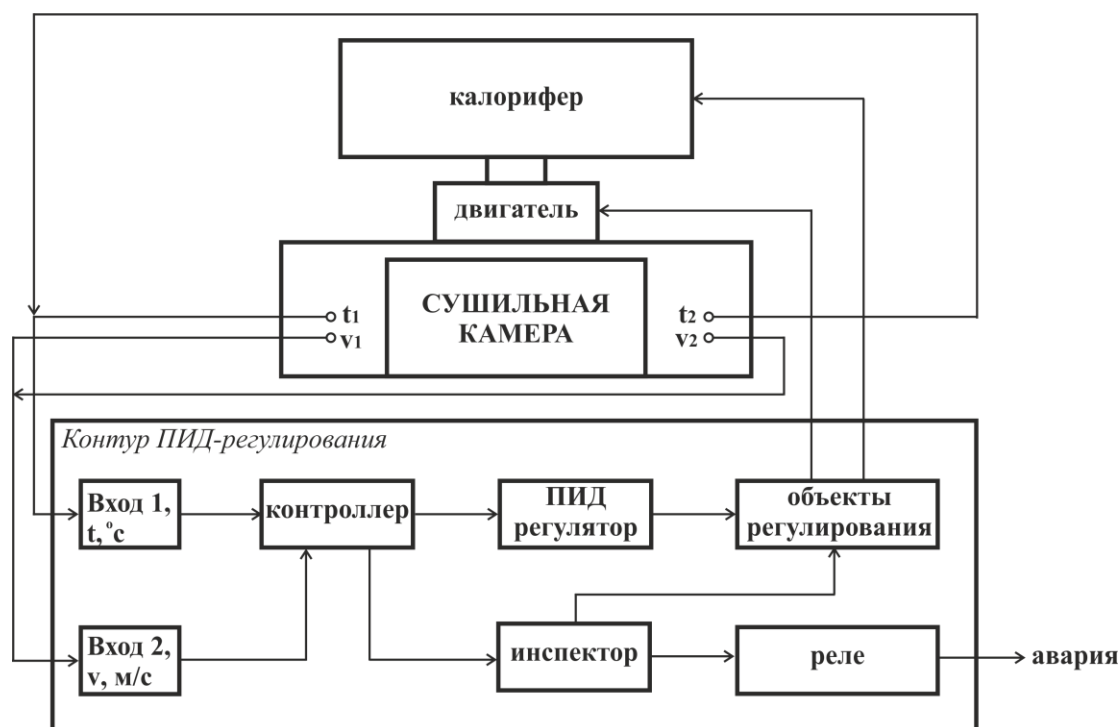


Рисунок 1 – Принцип работы сушильной камеры, использующей ПИД-регулирование

Входными параметрами в общем случае являются разность температур в начале и конце штабеля, температура в сушильной камере, влажность в сушильной камере, скорость потока воздуха в штабеле, порода, начальная влажность древесины [2].

В начале и конце сушильной камеры устанавливаются датчики температуры и скорости. Показания с датчиков передаются на контроллер и далее с него на ПИД-регулятор, который производит расчеты. Затем расчеты передаются на объект регулирования, который сообщает двигателю о необходимости изменения/не изменения его оборотов или нагревании/охлаждении калорифера. Также контроллер следит за показателями датчиков и в случае выявления критических параметров сигнализирует об аварийной остановке, а далее производит какие-либо манипуляции с объектами регулирования, либо оператор принимает решения о ходе процесса сушки.

Доказано, что в ряде случаев ПИД-регулятор по сравнению с нечетким регулятором уступает в точности и имеет некоторое запаздывание в отображении показателей [3-5]. В статье предлагается заменить ПИД-регулирование (ПИД – пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор) регулированием на базе алгоритмов нечеткой логики с целью уменьшения длительности переходного процесса и, как следствие, отклонений в процессе.

Помимо этого, в систему нечеткой логики можно добавить решения, принимаемые оператором о приостановке, продолжении или завершении процесса сушки, что в дальнейшем позволит ей совершенствоваться. Для таких решений опрашиваются эксперты и составляются правила, например:

**ЕСЛИ** порода сосна, толщина примерно 32 мм, влажность древесины более 30%, температура сушки около 75 °С, разность температур 5, скорость потока 2 м/с, исходное время сушки 68 часов,

**ТО** минимальное время сушки примерно 37 часов.

Пример управления сушильной камерой на основе нечеткой логики приведен на рисунке 2.

Датчики в сушильной камере, использующей нечеткую логику, устанавливаются аналогично. Данные передаются на фаззификатор и блок логического вывода, далее они сопоставляются с правилами, записанными в базе, и затем принимается решение о ходе процесса сушки, объектами регулирования которой является двигатель вентилятора и калорифер.

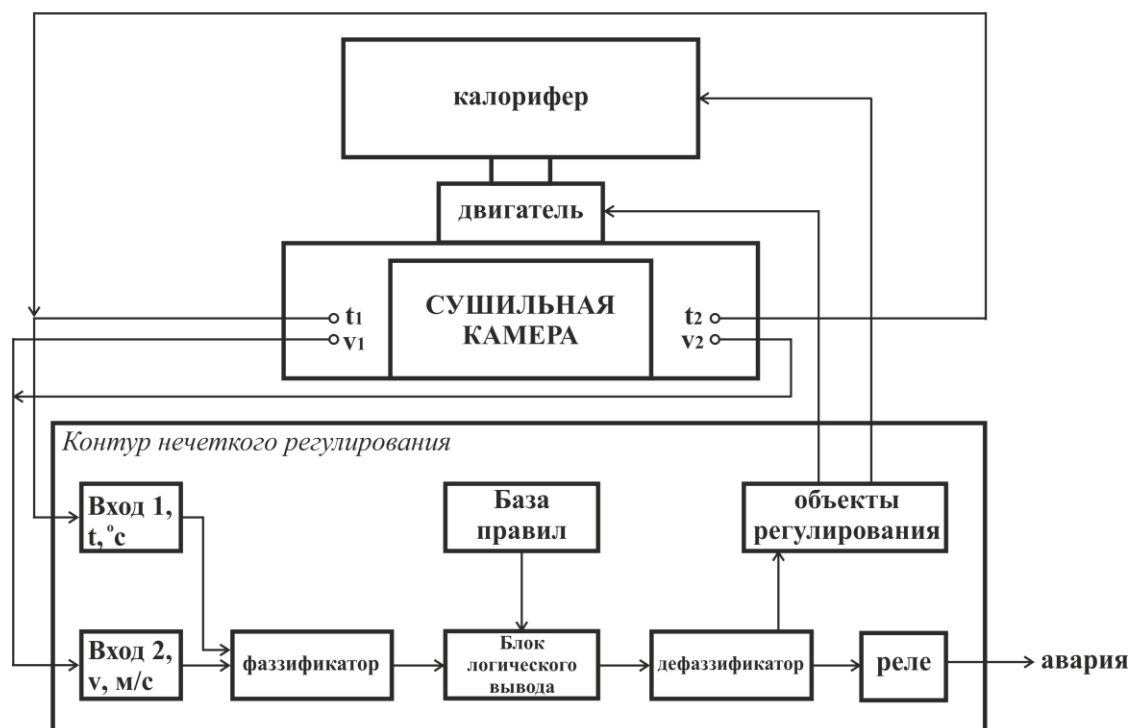


Рисунок 2 – Принцип работы сушильной камеры, использующей нечеткую логику

Алгоритм нечеткого регулирования сушкой пиломатериалов планируется реализовать и протестировать на реальных данных в пакете Fuzzy Logic Toolbox, входящем в систему Matlab, после чего станет возможным создать прототип интеллектуальной системы автоматического управления процессом сушки пиломатериалов и производить на основе него модернизацию сушильной камеры периодического действия EcoWood 50.

### Литература

1. Турбал, Е. Ю. Подход к разработке модели сушки пиломатериалов на основе нечеткой логики / Е. Ю. Турбал, Б. М. Шифрин, Д. А. Попова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7-1(121). – С. 111-114.
2. Моделирование процесса сушки пиломатериалов / А. Г. Горюховский, В. В. Побединский, Е. Е. Шишкина, Е. В. Побединский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 1(373). – С. 154-166.
3. Разработка модели управления кондиционером на основе нечеткой логики / Б. М. Шифрин, И. В. Елисеев, А. И. Шалабот, Е. С. Пендриков // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2020 : Материалы докладов

научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 10 апреля 2021 года / Отв. редактор Е.Г. Хитров. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2021. – С. 583-587.

4. Шифрин, Б. М. Использование нечетких регуляторов в мехатронике / Б. М. Шифрин, И. В. Елисеев // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2021. – № 11. – С. 22-25.

5. Шеховцов, О. И. Разработка модели управления варочной установкой на основе нечеткой логики / О. И. Шеховцов, Б. М. Шифрин // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2008. – № 1. – С. 8-14.

УДК 630\*6

**И.А. Евкович**

Белорусский государственный технологический университет

### **ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Сегодня в виду проблем стихийных бедствий, ветровалов и буреломов для оперативного освоения лесфонда, отвода его в рубку, уборки захламленности, необходимо проводить обследования поврежденных лесных насаждений. Наземные способы и средства определения границ, используемые при отводе поврежденных лесных насаждений, являются малоэффективными, опасными и не предпочтительным из-за:

- ✓ большой трудоемкости и затрат времени на проведение полевых работ;
- ✓ трудной проходимости границ ветровальных насаждений;
- ✓ недостаточно полного обнаружения объемов и качества поврежденных насаждений в глубине лесного массива;
- ✓ низкой визуализации общей картины негативных последствий стихийных бедствий.

Выходом из данной ситуации может служить аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), позволяющих оперативно и со сравнительно низкой себестоимостью произвести качественную съемку высокого разрешения, с применением приборов геопозиционирования, с последующим созданием фотоплана и его обработкой в геоинформационной системе (ГИС) для планирования мероприятий по ликвидации последствий негативного воздействия.