

можно последовательными решениями построенных уравнений определять глубину образующейся колеи в результате очередного прохода лесозаготовительной машины. Для первого прохода получаем осадку  $h_0 = 0$ ,  $h_1 = \frac{a_1^2}{2R}$  и согласно (24) получаем уравнение

$$\frac{P}{bl} = \frac{1}{3} \frac{Ca_1^2}{R} + \frac{\mu va_1^3}{8R^2}, \quad (25)$$

решение которого позволяет определить глубину колеи после первого прохода. Далее

$$h_2 = h_1 + \frac{a_2^2}{2 \cdot R}, \dots, h_3 = h_2 + \frac{a_3^2}{2 \cdot R}, \quad (26)$$

При малых скоростях движения машины (24) переходит в

$$\frac{P}{bl} = Ch_{n-1} + \frac{1}{3} \frac{Ca_n^2}{R}, \quad (27)$$

поэтому для глубины колеи после первого прохода лесозаготовительной машины получаем формулу

$$h_1 = \frac{a_1^2}{2R} = \frac{3}{2} P(Cbl)^{-1}. \quad (28)$$

Сравним образование колеи в почвогрунтах колесно-гусеничными и колесными машинами. Согласно динамическим испытаниям грунтов, реологические свойства которых описываются уравнением (6) при  $\mu_0=0$ , зависимость осадки от числа ударов постоянной силы имеет вид

$$h_n = h_1 n^{1/2}, \quad (29)$$

такая одно параметрическая зависимость позволяет по глубине первого прохода определять все последующие.

Согласно (26)-(28) получаем

$$\frac{P}{blC} = \beta = h_{n-1} + \frac{3}{2}(h_n - h_{n-1}). \quad (30)$$

$$\text{Тогда } h_n = \frac{3\beta}{2} - \frac{h_{n-1}}{2}. \quad (31)$$

После первого прохода глубина колеи равна  $h_1 = \frac{3\beta}{2}$  после второго  $h_2 = \frac{3\beta}{2} - \frac{3\beta}{4} = \frac{3\beta}{4}$ , после третьего  $h_3 = \frac{3\beta}{2} - \frac{3\beta}{8} = \frac{9\beta}{8}$ , после четвертого  $h_4 = \frac{15\beta}{16}$  и т.д. Отметим, что условие малости скорости движения лесозаготовительной машины эквивалентно условию  $\mu=0$ , которое характеризует почвогрунты как упруго деформируемые.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическая модель колеобразования в почвогрунтах под воздействием лесных машин / С.М. Базаров, И.А. Барашков, А.И. Никифорова, А.М. Хахина // Известия СПбГЛТА. – 2011. – № 197. – С. 54–65.
2. Теория колеобразования в почво-грунтах под воздействием гусеничных лесных машин / С.М. Базаров, И.А. Барашков, А.И. Никифорова, А.М. Хахина // Известия СПбГЛТА. – 2012. – № 198. – С. 59–70.

УДК 621.181.011.56:674.8

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОМ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

**Е.В. Саликова,**

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО КГТУ, г. Кострома, РФ  
esalikova@list.ru

**В.П. Чулков,**

канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО КГТУ, г. Кострома, РФ  
ipchvp@rambler.ru

*В статье рассматривается разработка автоматизированной системы управления котлом для утилизации древесных отходов, в основе которой лежит программно-аппаратный комплекс, включающий в себя устройство управления и специализированное программное обеспечение, осуществляющее управление ходом технологического процесса.*

Необходимость экономии ископаемых топливно-энергетических ресурсов в масштабе всей планеты заставляет промышленно развитые страны проводить широкие исследования по поиску альтернативных источников энергии. Поэтому чрезвычайно важно на данной ступени развития науки и производства максимально использовать возобновляющиеся виды топливно-энергетических ресурсов. К таким ресурсам относится древесная биомасса, самопроизвольно возобновляющаяся при жизнедеятельности лесных массивов. Из многообразия различных видов древесной биомассы выделим имеющие наибольшее практическое значение при энергетическом использовании, а именно: стволую древесину, кору, древесную гниль и биомассу элементов кроны деревьев, а также древесные отходы деревообрабатывающих предприятий.

На предприятии ООО «ИЗДЕКО» отопление и горячее водоснабжение промышленных цехов осуществляется с помощью установки, сжигающей древесные отходы (опилки, щепа и др.), поставляемые с деревоперерабатывающих предприятий. Исходная установка имеет два режима работы. Переключение режимов проводилось вручную. Первый режим предназначен для работы в отопительный период. Второй – по окончании отопительного периода. Стояла задача осуществить автоматическое регулирование температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха.

В работе использовался качественный метод регулирования, при котором производится регулирование подачи топлива в топку котла в целях стабилизации температуры теплоносителя.

Так как большинство предлагаемых промышленностью регуляторов осуществляют количественное регулирование, было решено разработать регулятор на базе микроконтроллера ATmega16 и разработать программное обеспечение для реализации поставленной задачи. Программное обеспечение разработано непосредственно под исходный объект и учитывает основные возмущения, действующие на данный объект.

Управление ходом технологического процесса передано регулятору, который обрабатывает значения, получаемые непосредственно с датчиков, и вырабатывает управляющие воздействия на исполнительные механизмы без применения промежуточных регуляторов. Структурная схема автоматизированной системы управления котлом приведена на рис. 1.

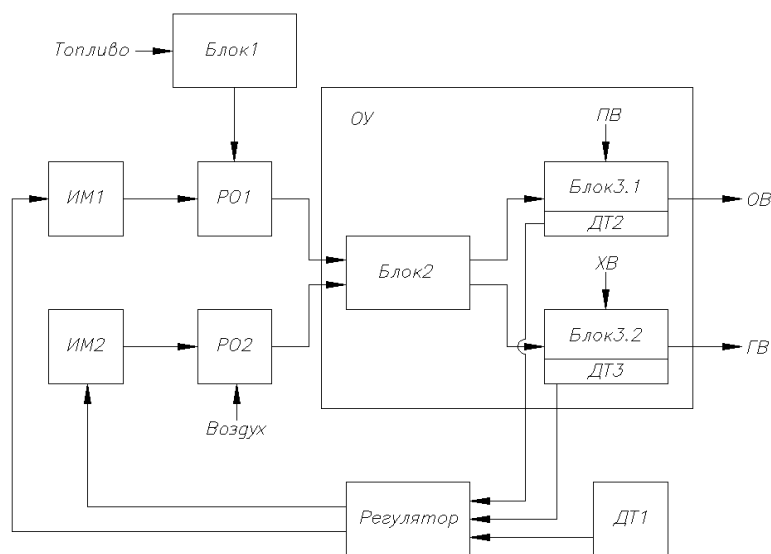


Рис. 1. Схема автоматизированной системы управления котлом для утилизации древесных отходов

Технологический процесс протекает следующим образом: топливо поступает из бункера (блок 1) в топку котла (блок 2), где сгорает с принудительной подачей воздуха, и полученная тепловая энергия расходуется на два потребителя: систему отопления (блок 3.1) и систему горячего водоснабжения (блок 3.2). Датчик температуры (ДТ1) контролирует температуру наружного воздуха. Сигнал с него поступает на регулятор, который вырабатывает управляющее воздействие на электродвигатели ИМ1 и ИМ2, которые перемещают регулирующие органы РО1 и РО2, изменяющие соответственно подачу топлива и воздуха. Для контроля над превышением температурой воды предельного значения в контурах отопления и ГВС вводятся датчики температуры (ДТ2, ДТ3), сигнал с которых поступает на вход регулятора, который в случае достижения предельной температуры воды отключает функцию регулирования по температуре наружного воздуха.

На стадии разработки структурной схемы автоматизированной системы управления были разработаны основные принципы организации оперативного управления технологическим объектом, а именно одноуровневое централизованное управление. Центральное место в автоматизированной системе управления котлом для утилизации древесных отходов занимает устройство управления, которое принимает и обрабатывает входные сигналы с датчиков, формирует управляющий сигнал на исполнительные механизмы. Электрическая принципиальная схема устройства управления приведена на рис. 2.

Устройство управления можно условно разделить на три блока: измерительный блок (измеряет температуру наружного воздуха, а также производит контроль температуры теплоносителя в контурах отопления и ГВС), регулирующий блок (происходит обработка параметров с датчиков и выдача управляющих сигналов на исполнительные механизмы) и исполнительный блок (управляет подачей топлива и воздуха в топку).

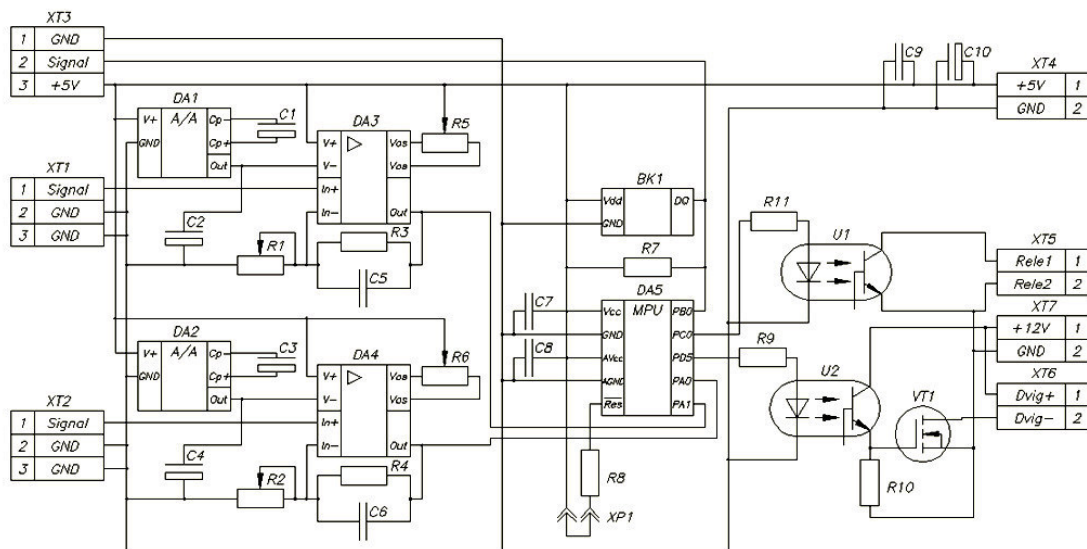


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная устройства управления

Программное обеспечение разработано на языке программирования Си, при использовании специальной среды CodeVisionAVR v2.04.4a.

Система обеспечивает возможность автоматического регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха в диапазоне от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ , путем формирования управляющих воздействий на органы управления.

Для отладки программного обеспечения и проверки на работоспособность разработанного устройства управления проведено электронное моделирование экспериментальной схемы устройства в программе-симуляторе микроконтроллерных устройств Proteus v.7.7 фирмы Labcenter Electronics (LE).

Для отслеживания сигналов на подачу топлива и режимов ШИМ к соответствующим выводам микроконтроллера подключается осциллограф.

На рисунке 3 показано окно программы Proteus v.7.7. при исследовании одного из режимов работы системы.

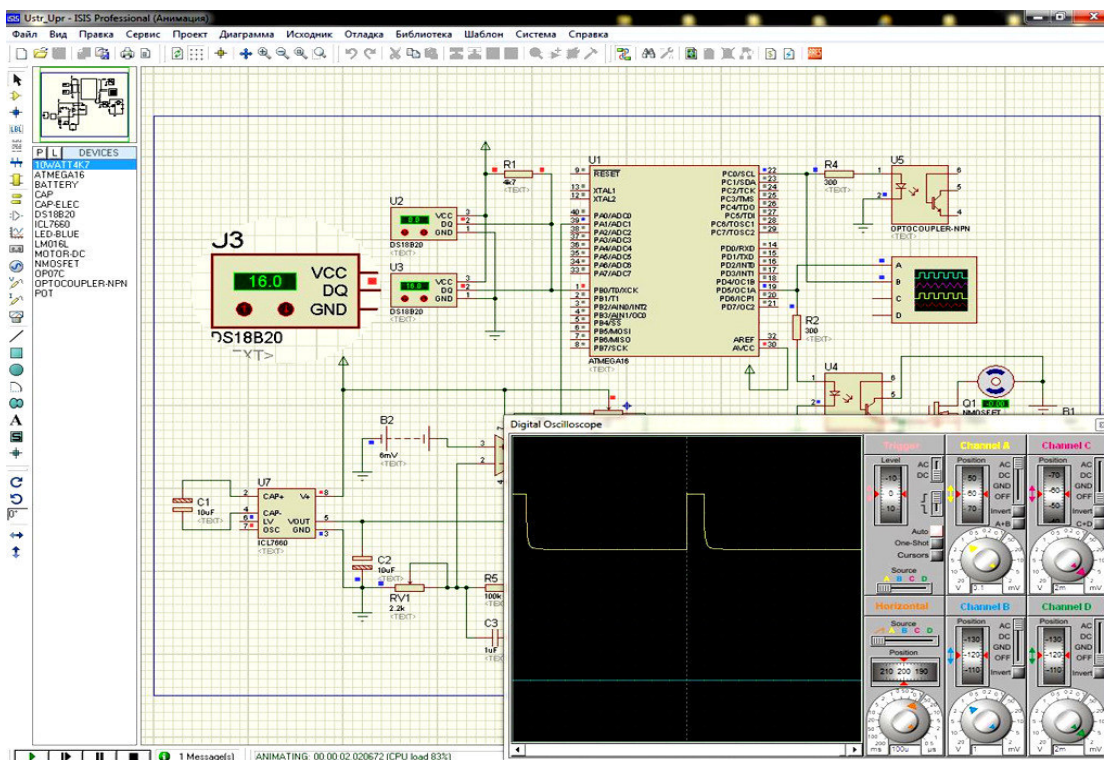


Рис. 3. Окно программы Proteus v.7.7

Электронное моделирование схемы устройства управления в программе-симуляторе микроконтроллерных устройств подтверждает работоспособность разработанной в ходе дипломного проектирования схемы и управляющей программы.

Экономический расчет показал, что стоимость разработанной установки составит не более пятидесяти тысяч рублей, что является экономически выгодным. В настоящее время осуществляется ее внедрение на предприятии ООО «ИЗДЕКО».

УДК 630.111:681.3.01

## БЕСПИЛОТНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК СРЕДСТВО СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Ф.В. Свойкин,**

студент 5 курса лесоинженерного факультета ФГБУ ВПО СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ.  
svoykin\_fv@mail.ru

*В статье рассмотрена возможность использования сверхлегких БПЛА для получения аэрофотоснимков территории с целью их использования в составе ГИС для лесозаготовительного процесса с использованием многооперационных лесосечных машин.*

Географические информационные системы (ГИС) широко применяются на современных предприятиях лесозаготовительной отрасли. Традиционно, одним из основных источников данных для ГИС считаются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗ) – фотоматериалы, получаемые с искусственных спутников Земли (космическая съемка) и воздушных судов (аэрофотосъемка).

Спутники дистанционного зондирования Земли на сегодняшний день представлены очень широко. Получаемые с их помощью снимки характеризуются доступностью, большим пространственным охватом, высоким качеством, геометрической точностью и низкой стоимостью. К числу недостатков спутниковых систем и получаемых с их помощью снимков можно отнести:

- сложность подбора безоблачных снимков из архивов съемки (особенно актуально для условий Российского Севера);
- недостаточная мобильность при съемке под заказ (планирование съемки осуществляется минимум за месяц), отсутствие гарантии в получении безоблачных снимков при съемке под заказ;
- недостаточное для решения многих прикладных задач пространственное разрешение (до 50 см.);
- не достаточно гибкая политика операторов и дистрибьюторов в отношении снимков на компактные участки (например, минимальная площадь заказа снимка со спутника Quick Bird™ составляет 25 км<sup>2</sup>);
- высокая стоимость или невозможность получения стереопар.

Большинство этих недостатков не характерно для аэрофотосъемки с пилотируемых воздушных судов (самолетов, вертолетов). Однако содержание авиапарка в современных условиях требует высоких экономических затрат на обслуживание и топливо, что в конечном итоге определяет высокую стоимость выходной продукции – аэрофотоснимков, особенно при съемке небольших по площади участков. Кроме того, на сегодняшний день в РФ парк средств воздушной авиации не располагает достаточным количеством единиц техники, поэтому заказчик аэрофотосъемочных работ вынужден ждать своей очереди довольно продолжительное время (до 6 месяцев). Помимо этого, съемка с пилотируемых воздушных судов должна производиться, как правило, в безоблачную погоду.

Исходя из вышесказанного, применение спутниковых систем и пилотируемых авиасредств для получения фотоснимков местности нецелесообразно в ряде случаев, особенно при потребности в снимках сверхвысокого пространственного разрешения, съемке небольших по площади и протяженных объектов, а также когда требуется высокая оперативность. В таких случаях целесообразно использование аэрофотосъемочных комплексов на базе средств сверхмалой беспилотной авиации, обеспечивающих высокую мобильность и низкую себестоимость выходной продукции.

По результатам анализа доступных на мировом рынке сверхмалых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для аэрофотосъемки, для исследований и апробации был выбран БПЛА CropCam™ (рис. 1) производства компании MicroPilot™ (Канада), как оптимальный по соотношению «качество – технические возможности – стоимость».

По результатам анализа доступных на мировом рынке сверхмалых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для аэрофотосъемки, для исследований и апробации был выбран БПЛА CropCam™ (рис. 1) производства компании MicroPilot™ (Канада), как оптимальный по соотношению «качество – технические возможности – стоимость».



Рис. 1. БПЛА CropCam™