

Содержание	
Введение.....	7
1. Анализ методов управления автоматизированным зерноуборочным комбайном.....	8
2. Аппаратные средства для создания беспилотных систем.....	10
3. Разработка технической и информационной структуры системы управления зерноуборочным комбайном.....	14
4. Разработка информационной структуры АСУ зерноуборочного комбайна на примере масштабного макета.....	17
Заключение.....	20
Источники дополнительной литературы.....	21

					15.03.06 ПП.250000.000		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лис</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Соболев</i>					<b>6</b>	<b>21</b>
<i>Рук.д.</i>	<i>Лаврентьев</i>				ДГТУ Кафедра «РиМ»		
<i>Н.Контур</i>							

## Введение

В мире существует большое количество систем автоматизации комбайнов для зернового сельхозпроизводства. Однако, все подобные системы являются всего лишь с/х автопилотами-то есть, они обеспечивают движение комбайна (либо иной сельхозтехники по прямой из двух точек. Это сделано для общего удешевления производства и применения на сельскохозяйственном производстве разделения сельхозугодий на поля по геометрическому методу, а не по контурному (по карте высот), вследствие высокой цены на составление подобной карты на исследования.

В случае же использования системы управления самой машиной и внешней системы планирования и управления, интегрированной с ней, возможно построение такой карты и разделение угодий в автоматическом режиме при получении данных о полях при тестовом прогоне техники. Таким образом, необходимо аккумулировать опыт подобных систем и использовать его для создания полноценной системы автоматизации процессов. Прежде всего, необходимо использовать наработанный опыт по навесным исполнительным устройствам, которые позволяют автоматизировать комбайн, сохранив при этом возможность его ручного управления оператором. Основными производителями на рынке устройств являются компании Trimble, Teejet и Leica.

Система Trimble основана на приборе EZ - Guide, который сочетает в себе свойства бортового компьютера и навигационной системы. На рисунке 65 показана комплектация системы и её компоненты.

EZ - Guide - комбинированный прибор, который объединил в себе графический легко считываемый экран (даже при ярком солнечном свете) и светодиодный линейный курсопоказатель, не затеняет обзор для водителя. Курсопоказатель обеспечивает управление техникой по требуемой траектории, а графический дисплей облегчает ориентацию управления при разворотах и при движении по криволинейной траектории.

На втором месте в рейтинге производителей находится компания TeeJet. Однако, решения в области систем параллельного вождения данной фирмы и подобных, в частности Trimble, являются подобными, различаясь элементарной базой, а также протоколами передачи информации.

Как и ее аналоги, данная система предназначена для следующих операций:

- вспашка (Опционально);
- сев яровых и озимых (Опционально);
- опрыскивание;

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
Изм	Лист	№	Подпис ь	Дата		7

- разбрасывание удобрений;
- внесение жидких удобрений.

Повысить эффективность с новым бортовым компьютером Leica mojo3D от Leica Geosystems. Понятный в использовании, новый Leica mojo3D сочетает в себе 18-ти сантиметровой цветной сенсорный экран с уникальным 3D-изображением и понятным графическим меню. И главное - компьютер надежно защищенный крепким пыле-влагостойким металлическим корпусом.

Однако, все данные системы обладают главным недостатком - полной закрытостью. В результате жёсткой экономической конкуренции, каждая компания защищает свои разработки. Интерфейсы оборудования и протоколы передачи данных являются коммерческой тайной и охраняются законом. Поэтому, при разработке интегрированной системы они крайне неудобны из-за необходимости покупки дорогостоящей лицензии.

### **1. Анализ методов управления автоматизированным зерноуборочным комбайном**

Для решения задач автоматизированного управления зерноуборочным комбайном достаточно решить две задачи:

- 1) Максимальное соответствие реальной траектории движения заданной заранее, за исключением корректировки маршрута в результате появления на пути следования препятствий, не учитываемых при спутниковой навигации.
- 2) Управление рабочими органами зерноуборочного комбайна соответственно программе движения на данном участке траектории.

Для решения первой задачи необходимо построить опорную траекторию на основании геоинформационной навигационной системы GPS. Выбор данной системы обусловлен тем, что в лидирующих в данной области системах GPS и ГЛОНАСС для точного земледелия не хватает точности. В системе GPS сигнал «режется» из соображений оборонного характера правительством США, а в системе ГЛОНАСС просто не хватает спутников в орбитальной группировке для более точного позиционирования. Однако, если в случае с GPS возможно использовать дифференциальные станции, то же оборудование для ГЛОНАСС результата не даст ввиду малого количества источников измерений (спутников). Секрет получения высокой точности состоит в том, что с помощью приемника, помещенного на местности в точке с заранее точно определенными координатами, можно вычислить погрешности, возникающие в дальномерных спутниковых сигналах. Получается как бы новая точка отсчета, из которой можно передавать сигналы коррекции на любые другие приемники GPS, находящиеся вместе с опорным в некоторой ограниченной области, для которой погрешности одинаковы.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						8
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

В общем систему движения можно представить так: посредством данных GPS для системы управления строится опорная траектория, которая состоит из прямых отрезков, соединяющих точки излома траектории движения на обрабатываемом поле. Во время движения, система посредством датчиков обнаруживает препятствия (яма, бревно и т.п.), и корректирует маршрут, превращая движение по прямой в движение по ломанной траектории [6]. Функциональную схему автоматической системы управления движением можно представить так:

Блок «Система ориентации и навигации» предназначен для определения положения объекта в пространстве. Физически данная система состоит из GPS-приемника и GPS-антенны. На данный момент для гражданских пользователей уже достигнута точность определения координат метра. При использовании дифференциального способа измерения координат с использованием GPS точность позиционирования может достичь метра.

Блок «Датчики положения относительно препятствий местности» позволяет определять координаты препятствий. Любое обнаруженное препятствие по умолчанию считается непроходимым и маршрут корректируется с учетом его существования. В качестве датчиков могут использоваться стереоскопические видеокамеры, лазерные дальномеры, широкофронтальные ультразвуковые дальномеры и инфракрасные датчики. Точность определения положения препятствий местности в зависимости от типа датчиков лежит в пределах от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. При использовании дублирующих друг друга разнотипных датчиков точность измерений значительно возрастает.

Блок «Система обработки информации о препятствиях местности» предназначен для обработки информации блока «Датчики положения относительно препятствий местности» с целью выделения областей непреодолимых препятствий для мобильного робота и представления этой информации в форме удобной для последующего использования. Физически представляет собой плату для АЦП, также здесь бинарные данные упаковываются во внутренний внутрисистемный протокол обмена данными.

Блок «Формирования программной траектории» предназначен для определения в пространстве траектории, по которой должен непосредственно перемещаться зерноуборочный комбайн. Блок проверяет в бесконечном цикле корректность движения по опорной траектории.

Блок «Регулятор» предназначен для обеспечения отслеживания объектом программной траектории с требуемой степенью точности. Блок формирует управляющие сигналы, непосредственно поступающие на контроллеры, управляющие приводами ведущих колес комбайна.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						9
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

Вторая задача решается путём создания соответствий между точкой опорной траектории и положением и состоянием рабочего органа комбайна в данной точке.

## **2.Аппаратные средства для создания беспилотных систем**

Для создания АСУ зерноуборочного комбайна необходимо выбрать прежде всего контроллер управления, который будет отвечать за обработку сигналов с датчиков, управление исполнительными устройствами и обмен информацией с управляющим программным комплексом.

Одним из лидеров в области создания средств автоматизации является компания National Instruments. В области автоматизации одно из главных решений, предлагаемых этой компанией - Single-Board RIO. Данная платформа выполнена в виде разведённой печатной платы, что позволяет его эффективно встраивать в существующие компактно исполненные бортовые электронные системы.

Благодаря наличию более 50 модулей ввода / вывода сигналов для платформы NI Single-Board RIO, а также встроенным в модули схемам согласования сигналов, можно подключать датчики различных физических величин напрямую к системе: датчики шума и вибрации (NI 9233,9234), датчики температуры (NI 9211, 9213, 9217, 9219), датчики деформации (NI 9235, 9236, 9237, 9239), Аналоговый ввод / вывод (NI 920x, 921x), цифровой ввод / вывод и реле (NI 92xx).

Система NI CompactRIO и NI Single-Board RIO позволяют сохранять данные мониторинга или измерений на следующих носителях: встроенная flash, карта памяти в модуле, USB-накопитель, Ethernet-хранилище.

Программное обеспечение LabVIEW позволяет провести весь цикл разработки проекта в одной среде графического программирования при помощи специализированных программных модулей: LabVIEW Real-Time и LabVIEW FPGA, а также легко создать удобный пользовательский интерфейс для АРМ.

Главным преимуществом данной платы управления является максимальная удобность создания системы - так как внешние датчики специально разрабатывались для сопряжения с платами компании NI. Также преимуществом является высокая скорость и надёжность обработки данных.

Недостатком является прежде всего высокая стоимость (более 200 тыс. рублей) платы в базовой комплектации, а также ее низкая защищённость от внешних факторов - из-за отсутствия корпуса плата никак не пыле - влагозащищена. Кроме того, все внутренние протоколы и способы передачи данных «датчик-плата» является коммерческой тайной и не подлежат

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						10
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

разглашению, что значительно затрудняет самостоятельное построение системы на основе данной платы, без привлечения специалистов National Instruments, что значительно увеличивает стоимость разработок.

Также, для задач автоматизации комбайна, данная плата обладает излишними вычислительными мощностями. Наиболее хорошо NI Single-Board RIO подходит для высокотехнологичных военных разработок, например автопилотов.

Главным конкурентом Single-Board RIO является одноплатный компьютер МК905 от компании Fastwell. МК905 реализован на базе процессорного модуля CPB905 и модуля источника питания PS351. МК905 может быть установлен как на DIN-рейку, так и на панель. Особенностью данной платформы является возможность организации работы в условиях длительной необслуживаемой эксплуатации при экстремально низких температурах с ограничениями мощности электропитания.

Данная система управления представляет собой полноценный промышленный компьютер. Таким образом, для функционирования ему необходимо, чтобы исполняемая программа работала в рамках установленной на МК905 операционной системы. Также у данной системы относительно высокая цена - также, около 200 тыс. рублей в базовой комплектации.

Наиболее хорошо данный промышленный компьютер подходит для автоматизации высокотехнологичных промышленных процессов в агрессивной внешней среде, например при добыче углеводородов на Крайнем Севере.

Также, в настоящее время на рынок плат для автоматизации выходит такая система, как Arduino Uno. Если ранее это была управляющая плата для поделок и технического творчества, то современные ее версии удовлетворяют даже самые высокие требования при очень скромной цене. Плата Arduino состоит из микроконтроллера Atmel AVR (ATmega328P и ATmega168 в новых версиях и ATmega8 в старых), а также элементов обвязки для программирования и интеграции с другими схемами. На многих платах присутствует линейный стабилизатор напряжения +5В или +3,3В. Тактирование осуществляется на частоте 16 или 8 МГц кварцевым резонатором (в некоторых версиях керамическим резонатором). В микроконтроллер предварительно прошивается загрузчик BootLoader, поэтому внешний программатор не нужен.

На концептуальном уровне все платы программируются через RS-232 (последовательное соединение), но реализация этого способа отличается от версии к версии. Плата Serial Arduino содержит простую инвертирующую схему для конвертирования уровней сигналов RS-232 в уровни транзисторно-транзисторной логики, и наоборот. Текущие рассылаемые платы, например,

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						11
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

Diecimila, программируются через USB, что осуществляется благодаря микросхеме конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. В версии платформы Arduino Uno в качестве конвертера используется микроконтроллер Atmega8 в SMD-корпусе. Данное решение позволяет запрограммировать конвертер так, чтобы платформа сразу определялась как мышь, джойстик или иное устройство по усмотрению разработчика со всеми необходимыми дополнительными сигналами управления. В некоторых вариантах, таких как Arduino Mini или неофициальной Boarduino, для программирования требуется подключение отдельной платы USB-to-Serial или кабеля.

Платы Arduino позволяют использовать большую часть I/O выводов микроконтроллера во внешних схемах. Доступно 14 цифровых входов / выходов, 6 из которых могут выдавать ШИМ сигнал, и 6 аналоговых входов. Эти сигналы доступны на плате через контактные площадки или штыревые разъемы. Также доступны несколько видов внешних плат расширения, называемых «shields» («щиты»), которые присоединяются к плате Arduino через штыревые разъемы. Количество входов и выходов значительно увеличивается при использовании «щитов» ввода / вывода.

Интегрированная среда разработки Arduino - это кроссплатформенное приложение на Java, включающее в себя редактор кода, компилятор и модуль передачи прошивки в плату.

Среда разработки основана на языке программирования Processing и спроектирована для программирования новичками, не знакомыми близко с разработкой программного обеспечения. Язык программирования аналогичен используемому в проекте Wiring. Это C++, дополненный некоторыми библиотеками. Программы обрабатываются с помощью препроцессора, а затем компилируются с помощью AVR-GCC.

Таким образом, данная платформа сочетает в себе достаточные вычислительные мощности, размерность портов ввода / вывода, простоту и универсальность программирования. Небольшие размеры платы позволяют устанавливать ее в кабину комбайна, не отказываясь от обеспечения возможности альтернативного прямого ручного управления.

Недостатком платы является ее низкое рабочее напряжение, что исключает прямое управление исполнительными устройствами. Данная проблема решается с помощью использования контроллеров двигателей и реле.

Таким образом, функциональность данной платы достаточна для использования ее для создания системы управления зерноуборочным комбайном.

Кроме того, малые размеры платы позволяют установить ее также в масштабный макет для отладки алгоритмов управления.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						12
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

Для управления движением зерноуборочного комбайна необходимо использовать подруливающие устройства, исключая вмешательство во внутреннюю работу механизмов машины и обеспечивающие быстрый и простой монтаж / демонтаж системы, а также обеспечивающее альтернативное использование комбайна с помощью прямого ручного управления.

На данный момент ведущие производители предлагают практически идентичные устройства, отличающиеся качеством пластика в исполнении корпуса и страной изготовителем. В качестве образца производителя подруливающих устройств, можно назвать фирму Trimble. Её продукция представлена на рисунке 14:

Для сенсорной системы автоматизированной системы управления зерноуборочного комбайна используются следующие датчики:

Ультразвуковой датчик KLM-501 радарного типа, работает на отражение ультразвуковой волны от объекта, измеряемая дистанция 300..2000 мм.

Основные характеристики:

- рабочее расстояние 300..2000 мм;
- напряжение питания 10..30 В;
- ток нагрузки 200 мА;
- выходной сигнал 0..10 В;
- угол излучения 38 градусов.

Для отладки алгоритмов управления на масштабном макете используется менее мощный аналог датчика URM37 V3.2.

Оптический датчик диффузионного типа с программируемой дистанцией срабатывания в диапазоне от 0 до 50 см.

Основные характеристики:

- возможность программирования дистанции срабатывания - до 50 м;
- напряжение питания 10..30В;
- ток нагрузки 200мА;
- выходной сигнал PNP.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						13
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

Ультразвуковой и инфракрасный датчики предназначены для совместной работы и корректировки данных друг друга. Ультразвуковой датчик позволяет получать данные по широкому фронту, а инфракрасный позволяет получать более точные данные, а также не подвержен ошибке при определении пустотелых объектов.

На масштабном макете аналогом данного датчика является датчик DFRobot Ambient Light Sensor:

Данный датчик обладает следующими характеристиками:

- рабочее напряжение 5 Вольт DC.
- ручная регулировка дальности от 3 до 40 см.
- выход: PNP

Для приёма сигналов GPS используется навигационный модуль Геос-1. Аналогов данного модуля на масштабном макете не предусмотрено, ввиду нехватки точности GPS для отслеживания отклонений от маршрута в масштабе макета. На масштабном макете точки для опорной траектории жёстко заданы при программировании. Отклонения от маршрута определяются лишь по данным ультразвукового и инфракрасного датчиков. Внешний вид навигационного модуля Геос-1 представлен на рисунке 18:

Основные характеристики навигационного модуля Геос-1:

- Сигналы: L1 GPS C/A, L1 ГЛОНАСС ПТ;
- Количество каналов: 24;
- Время первого определения, с: (холодный / теплый / горячий старт) 36/32/4;
- Основное питание, В: 3,3;
- Резервное питание: внутренняя батарея;
- Порты: 2\*RS-232 или RS-232 +USB;
- Протоколы: NMEA 0183 v3.01 + собственный бинарный;
- Темп выдачи данных: 1 или 5 Гц (программируется);

### **3.Разработка технической и информационной структуры системы управления зерноуборочным комбайном**

Эффективное выполнение функций АСУ зерноуборочного комбайна на примере масштабного макета возможно только на основе интегрированного

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						14
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

применения технологий управления на аппаратном и программном уровне. Пробная интеграция этих технологий проводится в рамках масштабного макета.

В качестве основы для макета выбрана модель комбайна компании John Deere. Компания John Deere является мировым лидером на рынке сельскохозяйственной техники. Модель комбайна John Deere T670i позволяет продемонстрировать особенности современных комбайнов. В модели реализованы реалистичные детали, такие как открывающиеся двери кабины, многочисленные открывающиеся крышки, подвесная жатка с выравниванием, высокая маневренность комбайна, возможность перегрузки «зерна» из бункера выгрузным шнеком.

Модель комбайна John Deere T670i изготовлена из высококачественного пластика в масштабе 1:16. Она состоит из комбайна, съемной жатки и прицепа для перевозки жатки.

Внутреннее устройство макета комбайна:

- 1) Мотор-редуктор Tamiya 70110
- 2) Серводвигатель для открытия / закрытия шнека
- 3) Плата управления Arduino Uno R3
- 4) Плата управления двигателями Arduino Motor Shield Rev3
- 5) Bluetooth модуль Bee
- 6) Аккумулятор GP6120
- 7) Мотор постоянного тока для вращения шнека
- 8) Серводвигатель для поднятия / опускания жатки
- 9) Серводвигатель для управления поворотом макета

В макете использованы серводвигатели SM-S2309B. Данная модель серводвигателя выбрана ввиду ее высокой надежности и достаточного угла поворота ( $\pm 60^\circ$ ). Всего для изготовления макета было использовано 3 серводвигателя. Серводвигатель SM-S2309B и его параметры изображены на рисунке:

Данный серводвигатель имеет следующее устройство:

В качестве управляющего сигнала служит импульсный сигнал с периодом 20 мс и с длительностью от 0,8 до 2,2 мс. Это общепринятый стандарт

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						15
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

управления сервомашинки. Чем длиннее пришел импульс, тем на больший угол повернется вал сервомашинки. Форма сигнала представлена на рисунке:

Управляющий сигнал подается на серву по сигнальному проводу S. В данной сервомашинке он белого цвета. Помимо сигнального провода из сервомашинки выходят два провода - линии питания - земля (черный) и питание (красный):

Для движения макетов используется мотор-редуктор Tamiya 70110 с передаточным отношением 441:1, что обеспечивает достаточный для движения макета крутящий момент. Внешний вид мотор-редуктора представлен на рисунке:

В качестве источника питания был использован аккумулятор GP6120 с напряжением 6В. Данный аккумулятор обеспечивает надёжную бесперебойную работу макета в течение, как минимум тридцати минут. В качестве программируемого логического контроллера была использована плата Arduino Uno R3 с расширениями Arduino Motor Shield Rev3 и Bluetooth Bee.

Датчики установлены на внешней стороне жатки макета и соединены с контроллером посредством разъёма. В макете использованы следующие датчики: световой датчик - DFRobot Ambient Light Sensor, магнитный датчик Холла - DFR0033, ультразвуковой датчик расстояния - URM37 V3.2 Ultrasonic Sensor.

Размещение датчиков в жатке:

- 1) Жгут проводов для питания датчиков и передачи информации
- 2) Внешний монтаж ультразвукового датчика расстояния

Световой датчик расположен на внутренней части жатки, а датчик Холла - внутри ее корпуса. Информационные провода и провода питания собраны в единый разъём, подключаемый к макету комбайна.

Программирование платы Arduino производится через USB-B удлинитель, соединенный с разъёмом на самой плате. также на корпусе комбайна находится кнопка включения / выключения питания макета.

К плате Arduino можно подключиться к через разъем USB-B под боковой панелью для изменения программы управления, также можно получить доступ к модулю связи, для этого надо: подключиться к беспроводной сети комбайна.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						16
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

#### 4.Разработка информационной структуры АСУ зерноуборочного комбайна на примере масштабного макета

Для разработки системы необходимо сначала провести её объектное моделирование. Для этого используется язык UML. Необходимо построить объектную диаграмму, диаграмму использования и структурную диаграмму. С помощью них можно определить количество и тип информационных связей между компонентами системы, а также между ней и её потребителями. После этого необходимо провести анализ надёжности системы, основанный на вероятностях отказа элементов системы. Для этого используется программный комплекс «Арбитр». в нём строится Структурно-функциональная схема разрабатываемого комплекса и проводится расчёт. По результатам вычислений определяются наиболее узкие места системы и наиболее предпочтительные для резервирования элементы. После этого производится разработка схемы электрических подключений макетов сельскохозяйственной техники. После получения схемы электрических подключений производится разработка компоновки макетов. Окончательная компоновка производится во время сборки макетов для более тщательной подгонки компонентов.

После этого начинается этап разработки программного обеспечения комплекса. Сначала производится разработка программы управления макетами для микроконтроллера Arduino. Данная программа должна интерпретировать управляющие команды программы - центра управления и передавать ему данные с датчиков макетов. После этого проводится разработка программного обеспечения центра управления комплекса и системы навигации на основе технического зрения. Программное обеспечение центра управления на основе данных системы навигации и собственного алгоритма, а также настроек пользователя создает маршрут движения для макетов трактора и комбайна. Навигация на основе технического зрения строится на алгоритмах контурного анализа и использует видеокамеру для распознавания контуров, нанесённых на корпуса машин и передаёт данные о местонахождении макета относительно краёв поля программе центра управления.

После разработки всех программных продуктов производится их отладка и интеграция, а после этого - отладка и интеграция всех систем программно-аппаратного комплекса.

Unified Modeling Language (UML) - язык объектного моделирования третьего поколения, стандарт которого разработан консорциумом Object Management Group (OMG). Язык UML *может использоваться* для разработки систем и программного обеспечения, предназначенных для применения в самых разных областях. В настоящее время UML используется для проектирования различных информационных систем - начиная с ПО систем инвентаризации и заканчивая ПО систем управления летательными аппаратами. Всякий поддерживаемый стандарт со временем изменяется: в нем исправляются

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
Изм	Лист	№	Подпис ь	Дата		17

ошибки, реализуются новые идеи и исключаются неудачные элементы. В настоящее время UML используется в проектах по моделированию и созданию систем, весьма значительно различающихся по своему масштабу - от проектов, в которых участвует группа разработчиков из нескольких человек, до систем, в разработке которых участвует несколько тысяч человек. UML обладает всем необходимым для моделирования, своевременной обработки событий и управления ресурсами, которые характеризуют современные встраиваемые системы и системы реального времени.

В качестве средства разработки на UML был выбран Rhapsody Modeler ввиду его функциональности и открытой лицензии. В данной программе были разработаны объектная диаграмма, диаграмма использования макета внутри всей системы и структурная диаграмма макета.

На данной диаграмме показано, какие функции макета обеспечивают его работу их взаимная зависимость. Таким образом, мы видим, что основными функциями, обеспечивающими работу всех функций макета, являются функции работы программы управления макета в бесконечном цикле и исправной работа физической части макета.

На рисунке 3 показано положение макета системой автоматизированного управления комбайном в системе автоматизации технологических процессов распашки, посева и уборки зерна. Таким образом, в макете имеются следующие виртуальные информационные каналы:

канал управления, физически реализуемый Bluetooth-соединением, канал передачи данных с датчиков макета, физический реализуемый через тот же самый Bluetooth-канал и визуальный канал навигации, в котором по маркировке макета с помощью камеры и технического зрения определяется местоположение макета в рамках координат поля. Диаграмма использования макета в рамках системы в целом необходима, чтобы понять его структурное место в системе, а также, разделить функции на выполняющиеся внутри макета, выполняющиеся вне макета в системе и функции передачи данных другим компонентам системы и от них в макет.

Диаграмма использования макета и объектная диаграмма работы макета являются основой для разработки структурной диаграммы макета. Но в отличие, от диаграммы использования макета и диаграммы работы макета в структурной диаграмме отражены не функции макета и их связи, уровни подчинения, а его физическая структура с обобщённым распределением этих функций и связей на их реальные назначения. При разработке структурной диаграммы используется терминология объектно-ориентированного программирования, где система в целом рассматривается как приложение, макет комбайна - как класс системы, а функциональные блоки(компоненты) - как объекты внутри этого класса. Для связи между компонентами используется понятие порта передачи данных. В данном типе диаграмм порт является виртуальным понятием и может быть применён как к физическом

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						18
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

порту, так и к программному, а также к любому другому каналу передачи данных, например, визуальном.

Таким образом, моделирование на языке UML позволяет наиболее полно разработать функциональную компоновку макета, привязав её к физической, и гарантировать функциональную интеграцию макета в программно-аппаратный комплекс в целом.

Далее необходимо разработать электрическую схему макета соответственно структурной. Макет комбайна состоит из аккумулятора на 5В, управляющей платы Arduino UNO R3 и подключённых к ней устройств: трёх сервоприводов, двух моторов, датчиков освещённости, Холла, расстояния и Bluetooth-модуля. Плата Arduino состоит из базового модуля и моторшилда. Все подключения устройств происходят через моторшилд.

Управление серводвигателями происходит через восьмой, девятый и десятый пин дискретного выхода платы. Данные с ультразвукового датчика передаются через седьмой пин платы, а питается она от шестого пина платы. Bluetooth-модуль питается от пятого пина платы, а информация передаётся с помощью четвёртого пина. Управление двигателями происходит с помощью ШИМ через аналоговый выход платы на шесть пинов. Получение информации с аналоговых датчиков Холла и освещённости происходит через аналоговый вход платы на шесть пинов. Управление двигателями осуществляется через микросхему 1298 по интерфейсу направление / скорость, т.е. логический сигнал 0..1 задает направление двигателя и ШИМ сигнал 0..5 В задает скорость вращения. Серводвигатели и аналоговые датчики получают питание от аккумулятора напрямую, остальные устройства питаются энергией через плату управления. Макет комбайна для связи с остальными частями программно-аппаратного комплекса использует Bluetooth-канал. По нему в двоичной форме передаются управляющие сигналы и информация с датчиков. В качестве входных сигналов используются стандартные ASCII-коды.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		19
			<i>ь</i>			

## **Заключение**

В результате производственной практики произведён анализ технических средств автоматизированного управления сельхозтехникой, исследованы паратные средства для создания беспилотных систем разработана техническая, информационная структура системы управления зерноуборочным комбайном, алгоритмы обработки информации.

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						20
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		

### **Источники дополнительной литературы**

Введение в ПЛК: что такое программируемый логический контроллер

<https://www.compel.ru/lib/95591>

Определение программируемого логического контроллера и его применение

<https://future2day.ru/programiruemyj-logicheskij-kontroller/>

Мишель Ж. Программируемые контроллеры: архитектура и применение.

— М.: Машиностроение, 1986

Э. Парр. Программируемые контроллеры: руководство для инженера. —

М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 516 с. ISBN 978-5-94774-340-1

Настенко, Н.Н. Системы автоматического регулирования зерноуборочных комбайнов / Н.Н. Настенко, И.М. Гурарий. — М.: Машиностроение, 1973. — 232 с.

Лурье, А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин / А.Б.Лурье, А.А. Громбчевский. — Л.: Машиностроение, 1977. — 528 с. Горшенин, В.И. Машины для уборки зерновых культур / В.И. Горшенин

					15.03.06 ПП.250000.000	Лист
						21
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпис</i> <i>ь</i>	<i>Дата</i>		