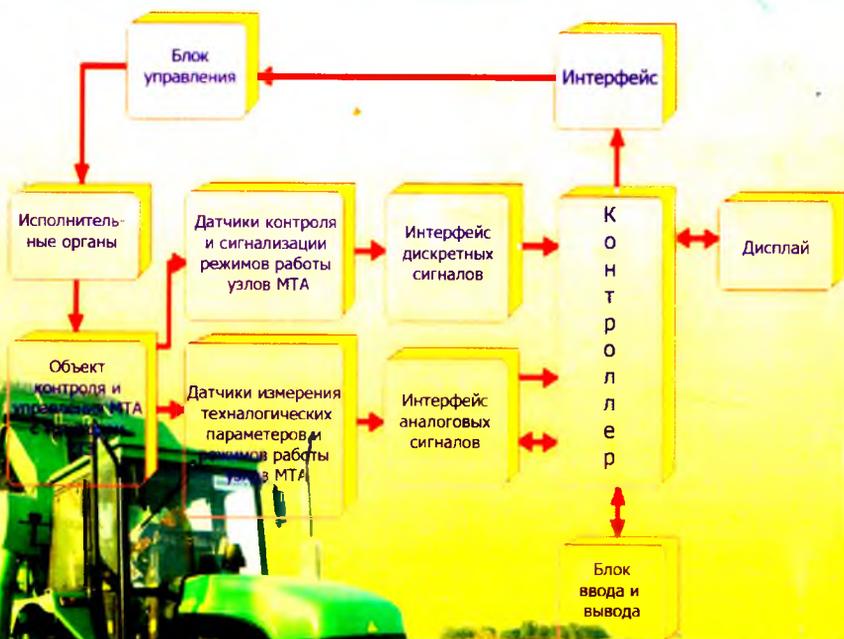


А.Д.АБДАЗИМОВ, Э.УЛЖАЕВ,  
У.М.УБАЙДУЛЛАЕВ, Н.Н.ОМОНОВ

## ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ХЛОПКОУБОРОЧНЫХ МАШИН



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**А.Д. АБДАЗИМОВ, Э. УЛЖАЕВ,  
У.М. УБАЙДУЛЛАЕВ, Н.Н. ОМОНОВ**

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ХЛОПКОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

---

---

**Ташкент – 2014**

**УДК 631.358.633.511**

**Абдизимов А.Д., Улжаев Э., Убайдуллаев У.М.,  
Омонов Н.Н. Основы автоматизации контроля и  
управления технологическими параметрами хлопко-  
уборочных машин. – Ташкент, ТашГТУ, 2014, -164 с.**

В монографии изложены вопросы механико-технологического обоснования основных технологических параметров отечественных вертикально-шпиндельных хлопкоуборочных машин, подлежащих автоматизации контроля и управления. Приведены результаты исследований по разработке микропроцессорных систем контроля и управления рабочей щели уборочного аппарата, угла поворота направляющих колес полунавесной хлопкоуборочной машины на трактор МХ-1,8 и других технологических и кинематических параметров указанной машины.

Монография предназначена научным работникам и специалистам, работающим над автоматизацией контроля и управления технологических параметров хлопкоуборочных машин и их совершенствованием, является полезным магистрантам и старшим научным сотрудникам-соискателям соответствующих специальностей.

*Рекомендовано к изданию решением Ученого совета  
Ташкентского государственного технического университета  
имени Абу Райхана Бери.*

**Рецензенты:** д.т.н., проф. Шипулин Ю.Г. (ТашГТУ)  
д.г.н. Азимов Б.М. (ГУИТ)

## Список принятых сокращений

- МТА - машинно-тракторный агрегат  
ХМТА - хлопководческий машинно-тракторный агрегат  
ХУМ - хлопкоуборочная машина  
ГШ ХУМ - горизонтально-шпиндельная хлопкоуборочная машина  
ВШ ХУМ - вертикально-шпиндельная хлопкоуборочная машина  
АТП - агротехнические показатели  
УА - уборочный аппарат  
РЩ - рабочая щель  
ТУ - технические условия  
КД - конструкторская документация  
КИП - контрольно-измерительные приборы  
С.-х. - сельскохозяйственный  
САКиУ - система автоматического контроля и управления  
САВ - система автоматического вождения  
СА - средства автоматизации  
ПП - первичный преобразователь  
МПС - микропроцессорная система  
СТЗ - система технического зрения  
УПР - указатель положения русел.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>ГЛАВА 1. Анализ состояния автоматизации контроля и управления параметрами и процессами в вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машине</b> .....	10
1.1. Обзор работ по автоматизации вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машины.....	10
1.2. Особенности конструкции и характеристик полунавесной хлопкоуборочной машины серии МХ (ХМ) и результаты её испытания.....	23
1.3. Выбор технологических параметров хлопкоуборочной машины МХ-1,8, подлежащих автоматизации контроля и регулирования.....	29
1.4. Уточнение задач исследования и опытно-конструкторских работ проекта .....	35
<b>ГЛАВА 2. Обоснование пределов изменений автоматически контролируемых технологических параметров хлопкоуборочной машины.</b> ..	37
2.1. Расчетная и экспериментальная оценка стабильности технологических регулировок рабочей камеры уборочного аппарата.....	37
2.2. Обоснование рациональной по агрофону ширины рабочей щели и выбор параметров для ее управления в процессе работы хлопкоуборочной машины.....	45
2.3. Технологические параметры для систем контроля высоты уборочного аппарата над поверхностью грядки и потерь урожая за хлопкоуборочной машиной.....	66
2.3.1. Обоснование минимально-допустимой высоты расположения уборочного аппарата над поверхностью грядки.....	66

2.3.2.	Обоснование величины допустимых по агротехническим требованиям потерь урожая за хлопкоуборочной машиной с учетом характеристик агрофона.....	68
2.4.	Моделирование движения и условия качения направляющих колес полунавесной хлопкоуборочной машины МХ-1,8.....	72

### **ГЛАВА 3. Микропроцессорные системы контроля и управления шириной рабочей щели хлопкоуборочной машины.....**

3.1.	Микропроцессорная система контроля и регулирования рабочей щели уборочного аппарата на основе индуктивного датчика .....	78
3.2.	Основные требования, предъявляемые к датчикам линейного перемещения.....	84
3.3.	Расчет параметров преобразователя линейного перемещения, разработка схем и конструкции элементов системы и их реализация на хлопкоуборочной машине.....	86
3.4.	Микропроцессорная система контроля и регулирования рабочей щели уборочного аппарата на базе фотоэлектрического датчика линейного перемещения.....	96
3.5.	Результаты экспериментального исследования фотоэлектрического датчика линейного перемещения.....	105

### **ГЛАВА 4. Система автоматического контроля положения направляющих колес полунавесной на трактор хлопкоуборочной машины МХ-1,8..**

4.1.	Модернизированный первичный преобразователь системы УПР-1 применительно к системе автоматического контроля положения направляющих колес хлопкоуборочной машины МХ-1,8.....	107
4.2.	Анализ устройств дискретного контроля углов поворота валов и оценка погрешности.....	112

4.3.	Микропроцессорное устройство контроля положения направляющих колес хлопкоуборочной машины МХ-1.8.....	116
4.4.	Реализация разработанных микропроцессорных систем контроля ширины рабочей щели уборочного аппарата положения направляющих колес на опытной хлопкоуборочной машине МХ-1.8 и апробация их в полевых испытаниях.....	120
<b>ГЛАВА 5. Вопросы разработки комплексной бортовой микропроцессорной системы контроля и управления параметров хлопкоуборочной машины.....</b>		<b>125</b>
5.1.	Локальные системы автоматического контроля параметрами и процессами хлопкоуборочной машины.....	125
5.1.1.	Система автоматического контроля кинематических параметров уборочного аппарата.....	125
5.1.2.	Система автоматического контроля высоты расположения уборочного аппарата над поверхностью грядки.....	132
5.1.3.	Система автоматического контроля качества сбора урожая .....	135
5.2.	Интеллектуальная информационно-измерительная система для автоматизации контроля и управления параметрами хлопкоуборочной машины.....	137
5.3.	Математическая модель преобразователя видеонаблюдения.....	146
5.4.	Вопросы комплексной автоматизации интеллектуальных бортовых микропроцессорных систем хлопкоуборочной машины.....	149
5.5.	Построение логической математической модели интеллектуальной информационно - измерительной системы контроля параметров хлопкоуборочной машины.....	150
	Заключение.....	154
	Литература.....	156

## ВВЕДЕНИЕ

Отечественное тракторное и сельскохозяйственное машиностроение в свете Постановлений Президента и Правительства РУз [1,2], направленных на реструктуризацию и реформирования предприятий, находятся в стадии подъема – обновляется технологическое оборудование предприятий, в кооперации с предприятиями ГАО «Узавтосаноат» осваиваются новые виды продукции - с.-х. машины и агрегаты, комплектующие для автомобилей, прицепы. организовываются новые совместные предприятия (СП) с ведущими мировыми производителями сельхозтехники, проводятся интенсивные работы по улучшению качества выпускаемой продукции. Тесная взаимосооперация предприятий отрасли с предприятиями ГАО «Узавтосаноат» создала условия постепенного восстановления производства традиционных для Узбекистана хлопкоуборочных машин (ХУМ). К уборочному сезону 2013 года на ОАО «ТТЗ» выпущено свыше 400 полунавесных ХУМ МХ-1,8. Однако производимые машины и оборудование все ещё уступают зарубежным аналогам по основным показателям технического уровня. Поэтому проблема повышения качества отечественных тракторов и с.-х. машин, в т.ч. машин для уборки урожая хлопчатника является актуальной, для решения которой необходимо проведение целенаправленных НИ и ОКР.

Согласно Постановлению № ПП-830 Президента РУз от 04.04.2008 [2] производство ХУМ в настоящее время осуществляется на ОАО «ТТЗ» в кооперации с родственными предприятиями (ОАО «Технолог», «Пахтамаш», «Чирчиккишлокмаш» и др.). Ожидается дальнейшее наращивание объемов их производства, в т.ч. и на экспорт. Однако потенциал и резервы повышения эффективности производимых полунавесных ВШ ХУМ серии МХ не использованы полностью, ибо конструкция УА осталась неизменной с 90-х годов прошлого века. Как известно, современные тенденции развития сельскохозяйственного

производства основываются на широком использовании высокопроизводительной техники и энергосберегающих технологий. Одними из основных направлений повышения производительности являются улучшение динамических характеристик, расширение диапазона работоспособности и контроля режимных и эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов (МТА). Эффективное использование современных с.-х. машин становится невозможным без надежных систем автоматического контроля и управления (САКиУ) технологическими и эксплуатационными параметрами МТА.

Тракторы и с.-х. машины западных фирм насыщены средствами электронного и микропроцессорного контроля и управления, в частности, бортовыми компьютерами, которые собирают снимаемую с многочисленных датчиков информацию, обрабатывают и показывают обработанные результаты водителю на дисплее. Бортовые компьютеры также предупреждают об опасном состоянии узлов и агрегатов при помощи аудио- и видеоканалов и управляют различными технологическими параметрами трактора и агрегатируемых с ним орудий. Многие модели тракторов, выпускаемых фирмами John Deere, Case New Holland (CNH), Massey-Ferguson, Ford (США), Versatile, White, Steiger (Канада), FIATagri (Италия), Renault (Франция), Valmet (Финляндия), Steyr, KHD, Fend, CLAAS (ФРГ) и др. оснащены такими САКиУ и информирования тракториста [53,54,57].

Эксплуатируемая в настоящее время в Узбекистане с.-х. техника компаний CNH - тракторы «Магнум-8940», «Максум-5250», МХ-135 и др., зерноуборочные комбайны «Кейс-2166, -2366», хлопкоуборочные машины «Кейс-2022», зерноуборочные комбайны «Доминатор» и «Мега», тракторы «Агрон» и «Ахрон» фирмы CLAAS (ФРГ) также оснащены аналогичными системами [13,16,53,54]. К примеру, фирма CLAAS воплотила весь свой профессионализм в области электроники с помощью программы под названием EASY (Efficient Agriculture Systems) [74]. Данная программа имеет

четыре области специализации: on board (управление машиной и оптимизация мощности непосредственно из кабины); on field (повышение производительности непосредственно в поле); on track (контроль технического состояния и дистанционная диагностика); on farm (программные решения для сельскохозяйственных предприятий). Системы управления, контроля и информирования, входящие в EASY, такие как SEBIS, SEMOS, GPS PILOT, LASER PILOT, AUTO PILOT, TELEMATICS, AGROCOM MAP и другие при помощи множества датчиков, спутников GPS, Интернет управляют в автоматическом режиме настройкой рабочих органов, направлениями движения по рядам, навигацией и дистанционной диагностикой, позволяя тем самым добиться максимальной отдачи и производительности машины.

Отечественная с.-х. техника для хлопководства, в т.ч. вышеупомянутая ХУМ МХ-1,8, агрегируемая с трактором ТТЗ-80.11, по уровню оснащения САКиУ существенно отстает от зарубежных аналогов. Тракторы ТТЗ-60, ТТЗ-80, ТТЗ-100 различных модификаций (пропашные, транспортные) также оснащены только аналоговыми контрольно-измерительными приборами контроля некоторых параметров систем двигателя (температуры охлаждающей жидкости, давления масла в системе смазки, зарядке аккумулятора и др.).

Таким образом, актуальность проблемы повышения уровня автоматизации контроля и управления режимными и эксплуатационными параметрами отечественных тракторов ТТЗ и агрегируемых с ними с.-х. машин, в частности, ХУМ, заключается в решении неотложных задач по разработке и реализации комплексных систем, алгоритмов и программных средств автоматизированного контроля и управления на базе бортовых МПС. Данная работа является попыткой решения части указанных задач по разработке механико-технологических и технических основ автоматизации контроля и управления технологическими параметрами отечественных ВШ ХУМ.

# ГЛАВА 1. Анализ состояния автоматизации контроля и управления параметрами и процессами в вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машины

---

## *1.1. Обзор работ по автоматизации вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машины*

Автоматизация ХУМ, в частности, автоматизация контроля и управления технологическими регулировками УА, наиболее чувствительных к изменениям агрофона поля и определяющих показатели качества работы машины, является одним из основных путей повышения АТП и производительности машины. Для повышения эффективности функционирования ХУМ необходимы САКиУ, выполняющие функции информационно-измерительных и восстановительных систем, которые с соответствующей скоростью осуществляли горизонтальную и вертикальную корректировку положения УА и регулировку рабочей щели по агрофону, информировали водителя о других важнейших параметрах ХУМ и ХМПА в целом. Указанные регулировки УА непосредственно взаимосвязаны с параметрами агрофона (профиль поверхности грядки, отклонение кустов от оси грядки, густота стояния и параметры кустов, урожайность и степень раскрытия коробочек и др.) Наивысшие показатели качества работы ХУМ обеспечиваются при оптимальном сочетании указанных регулировок и параметров агрофона.

Другая группа технологических регулировок УА, включающая регулировки шахматного расположения шпинделей, параллельности противостоящих шпиндельных барабанов, съемников относительно шпинделя, зазора между концами щеток съемников и дверкой приемной камеры, зависят в основном от наработки машины и требуют периодического контроля и регулировки. Поэтому важно, в первую очередь, автоматизировать первую группу регулировок, используя при этом более простые локальные системы. По ГОСТ 22587-85 [49] предусмотрено оснащение

разрабатываемых двухрядных универсальных и перспективных четырехрядных навесных ВШ ХУМ устройствами гидрокопировки рельефа грядок по высоте УА с контролем ее функционирования, системой сигнализации о забоях приемных камер и заполнения бункера, а также системой автоматического вождения.

Анализ состояния вопроса автоматизации ХУМ, изучение отчетов НИ и ОКР, протоколов и актов испытаний навесных, полунавесных и самоходных машин показал, что имеются определенные достижения в области автоматизации отечественных ВШ ХУМ. Опытные образцы некоторых локальных систем прошли государственные испытания и внедрены на некоторых модификациях навесных ВШ ХУМ, опытных партиях машин и экспериментальных образцах. К ним относятся гидромеханическая САВ высоты УА, внедренная на ХУМ ХН-3,6 и ХН-3.6-01 [44], САК «Кедр-1А4» забоя приёмных камер УА и заполнения бункера [38] и САК и У ширины рабочей щели УА [17], прошедшие государственные приемочные испытания и реализованные на опытных партиях навесных ХУМ. Имеются также разработки по созданию САВ навесных машин [20] и САК положения задних направляющих колес полунавесной ХУМ МХ-1,8 [15], а также по системам контроля и измерения кинематических и скоростных параметров [65], апробированные на полевых и лабораторно-стендовых испытаниях.

Одним из основных технологических параметров ХУМ является высота расположения УА над гребнями грядок, сбора с нижних коробочек хлопка. Серийные ХУМ не справляются со сбором хлопка из коробочек нижнего яруса куста, расположенных близко к поверхности гребня [39,42,43,45].

По данным исследований [12,55,39], в нижней зоне на высоте до 120 мм от гребня грядки остаётся несобранными до 7,8...10% хлопка.

Кусты хлопчатника не расположены в рядке по осевой линии, а несколько смещены по обе стороны. К моменту

уборки урожая хлопка-сырца количество растений со смещением от оси рядка на 0,03...0,07 м достигает 36...39%. Наблюдаются случаи отклонения до 0,16 м и более [29].

Колебание УА в пространстве, в совокупности с движением куста хлопчатника в рабочей камере, вызывает, в свою очередь, пространственный изгиб стеблей, уменьшающий высоту расположения коробочек от поверхности почвы [39]. Кроме того, по данным исследований проф. Матчанова Р.Д. [31], при среднеквадратических горизонтальных отклонениях рабочей щели от оси грядки, равных 0,03...0,04 м, снижение полноты сбора составляет 3,3...3,6%, а при среднеквадратическом отклонении 0,08...0,09 м снижение полноты сбора составит уже 7,6...8,7%, причем характер изменений зависимостей снижения полноты сбора от горизонтальных отклонений щели аппарата и кустов хлопчатника практически одинаков.

Особенно нежелательны колебания УА в вертикальном направлении, так как это связано с увеличением потерь и с уменьшением полноты сбора хлопка из нижних коробочек. По результатам расчетов и экспериментов, пространственные колебания имеют амплитуду 60...64 мм и частоту 7...10 Гц [31].

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что, обеспечение оптимального расположения УА относительно обрабатываемых кустов хлопчатника является одним из главных условий качественной работы ХУМ. Внедренная в серийно-выпущенных навесных ВШ ХУМ моделях ХН-3,6 и ХН-3,6-01 (выпуск их прекращен еще в начале 80-х годов прошлого века), гидромеханическая САР высоты УА над поверхностью грядок, была разработана в ГСКБ по машинам для хлопководства [44]. Применение такого устройства обеспечивает повышение полноты сбора хлопка-сырца в бункер за счет извлечения хлопка из нижних коробочек куста хлопчатника вследствие постоянного поддержания УА на минимальном расстоянии от поверхности грядок. Однако при работе системы, особенно при оснащении в многорядных машинах, возникают постепенные перегрузки рамы,

вызывающие пространственные колебания машины в шинах [31]. При этом увеличиваются амплитуды колебаний крайних секций аппаратов, приводящие к "задиранию" одного конца блока аппаратов и "зарыванию" в землю другого в процессе движения машины.

Данная проблема особенно актуальна для ХУМ серии МХ (ХМ), где УА расположены за трактором, а управляемое колесо расположено сзади агрегата. Поэтому механику-водителю трудно визуально контролировать протекание технологического процесса, т.е. сбора хлопка-сырца. Он должен оперативно реагировать на изменение агрофона, что является дополнительной нагрузкой. В настоящее время работы по созданию более совершенных систем автоматического копирования УА для машин серии МХ, с полнокомплектным использованием трактора, продолжаются [36,67].

Другим, не менее важным технологическим параметром ВШ ХУМ, подлежащей автоматизации контроля, является ширина рабочей щели УА. Первая попытка по созданию САР рабочей щели была предпринята М.Назаровым [52], но из-за того, что разработанная система была применена в навесной ХУМ 14ХВ-2,4А без каких-либо конструктивных изменений УА, обеспечивающих стабильность шахматного расположения шпинделей, не нашла практического применения в серийных машинах.

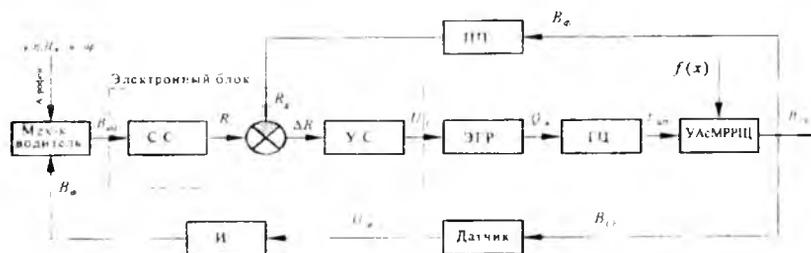
Учитывая это, на кафедре «Наземные транспортные системы (НТС)» ТашГТУ был разработан механизм регулировки РЩ на основе электрогидравлического управления с места механика водителя [17,47] и апробирована САР шириной РЩ [14,48]. В процессе полевых испытаний указанной САР обнаружены следующие недостатки: сложность и соответствующая высокая стоимость, недостаточная надежность работы датчика ширины куста и др. В связи с этим разработано устройство регулирования РЩ в процессе сбора с полуавтоматическим принципом действия [18]. Функциональная (а) и принципиальная (б) схемы системы приведены на рис.1.1.

В предлагаемом устройстве взамен датчика ширины куста установлена электронная следящая система для точной обработки управляющих командных сигналов по автоматической установке ширины РЩ, задаваемой механиком-водителем.

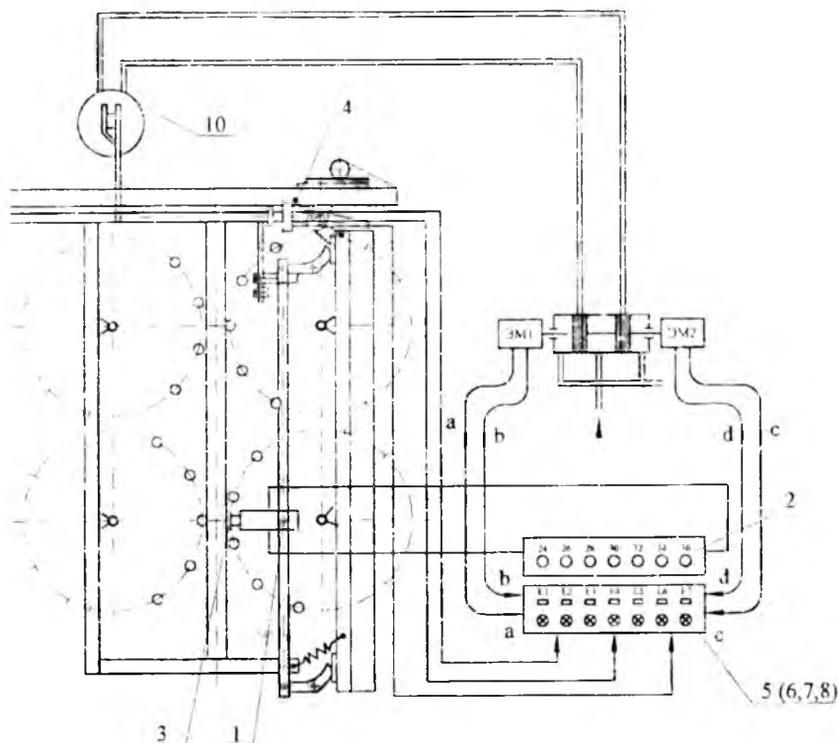
Следящая система содержит измерительную часть – потенциометрический преобразователь углового перемещения (ПП) и электронного блока, состоящего из сенсорной системы (СС), сравнивающего элемента-моста сопротивлений и двухкаскадного усилителя выходных сигналов (УС). Блок размещается в пульте управления и контроля в кабине водителя и электрически связан с усилительным элементом – электромагнитным гидрораспределителем (ЭГР), который в свою очередь соединен гидравлически с исполнительным элементом – гидроцилиндром (ГЦ), воздействующим через МРЩ в объект управления – в УА, изменяя ширину РЩ. Фактическая ширина РЩ измеряется также воспринимающим элементом-датчиком РЩ САК ширины щели, работающей отдельно от следящей системы, выходной сигнал которой поступает в индикатор, размещенный в кабине водителя. Выходы электронного блока следящей системы соединены с электромагнитами ЭМ<sub>1</sub> и ЭМ<sub>2</sub> ЭГР.

Сенсорная система электронного блока состоит из семи квазисенсорных переключателей, столько же транзисторов, тиристоров, конденсаторов, контрольных лампочек (светодиодов) для каждого значения «рабочих» величин ширины РЩ, т.е. 24,26...,36 мм. Входы сенсорной системы соединены с набором резисторов, которые совместно с другим резистором образуют мост сопротивлений. Составной частью этих систем является гидропривод с электрическим управлением, состоящий из ЭГР, ГЦ и пульта управления и контроля. Устройство контроля ширины РЩ включает датчик ширины РЩ и индикатора, реализованный в опытной ХУМ ХНП-1,8А-15, прошедшей государственные приемочные испытания и рекомендованной к выпуску промышленной партии [17]. Устройство обеспечивает обратную связь в системе «водитель -

ширина РЩ - водитель», и тем самым точность и эффективность регулирования щели в процессе от вида управ-



а)



б)

Рис. 1.1. Функциональная (а) и принципиальная (б) схемы механизма регулировки РЩ со следящей системой управления

ленин автоматического или ручного. В современных условиях широкого применения электронных систем в с.-х. машинах и тракторах для повышения точности, оперативности и надежности работы целесообразно заменить морально устаревшие элементные базы системы (система имеет контактные датчики ширины щели, индикаторы не дают полную информацию и др.).

Рядки хлопчатника, как правило, искривлены, это носит случайный характер, хотя и содержит периодические составляющие. Причиной искривленности рядков является неточность управления МТА при севе и культивации хлопчатника, которая оказывает существенное влияние на агротехнику хлопчатника.

Вопросам улучшения управляемости и устойчивости движения хлопководческих МТА всегда уделялось большое внимание. Им посвящены работы Ю.Л.Колчинского [22], О.В.Лебедева [23], И.Марупова [24], Г.П.Расулова [27] и др.

Существенное влияние на управляемость и устойчивость движения машины оказывает рулевое управление. Изучению вопросов влияния гидроусилителя рулевого управления на управляемость и устойчивость движения посвящены работы О.В.Лебедева [23], Г.Е.Топилина [42], Д.И.Хашимова [34,39] и др. В этих исследованиях, как и в ряде других [21,25,27,40,41], для оценки характеристик управляемости и устойчивости движения ХУМ и МТА рассматриваются разнообразные методы и измерители, так как к настоящему времени не разработаны нормативные документы (ГОСТ или ОСТ) на методы испытаний и оценки управляемости и устойчивости движения ХУМ и хлопководческих МТА. Поэтому исследователями при решении сложных задач применяются различные оценочные измерители управляемости и устойчивости движения. Наиболее последовательно эти вопросы решены в автомобилестроении и отражены в отраслевой нормали ОН 025319-68 «Оценочные параметры управляемости» [26]. Для оценки управляемости автомобиля при движении по прямой рекомендуется два оценочных

измерителя: среднеинтегральная скорость бокового смещения  $V_{\alpha}$ , характеризующая соответствие направления движения автомобиля заданному, и среднеинтегральная угловая скорость поворота рулевого колеса  $W_{\alpha}$ , оценивающая работу водителя по поддержанию заданного направления движения. Эти измерители использовались в ряде работ по исследованию управляемости и устойчивости движения хлопководческих МТА и ХУМ [39,27,34]. Характерной чертой большинства теоретических исследований вопросов управляемости и устойчивости движения и кинематики поворота МТА является допущение о боковой жесткости шины, несминаемости грунта в поперечном направлении, что значительно упрощает анализ, но в ряде случаев вносит значительные ошибки в результаты. Для многорядных ХУМ, имеющих массу 8...10 тонн, влияние увода шин и сминаемость грунта в поперечном направлении становятся особенно заметными. Поперечные колебания машины на шинах практически трудно демпфировать поворотами рулевого колеса. Поэтому большая часть неконтролируемых водителем курсовых отклонений приходится на поперечные колебания машины на шинах. Причины поперечных колебаний МТА на шинах и их количественная оценка были даны в работе Г.Г.Расулова [27].

С целью уменьшения поперечных колебаний ХУМ, повышения устойчивости движения некоторыми авторами предлагалась установка динамического гасителя колебаний на машине [25]. Недостатком подобного решения является заметное увеличение массы машины.

Одной из первых работ, посвященных влиянию точности управления ХУМ на полноту сбора хлопка, явилась работа И.Н.Азарова [20], выполненная в ГСКБ по машинам для хлопководства(ныне ОАО «БМКБ-Агромаш»). Им было показано, что точность ориентации УА по отношению к кустам хлопчатника оказывает заметное влияние количество сбиваемого на землю хлопка. Автором были получены эмпирические формулы, позволяющие вычислить общие

потери полноты сбора в зависимости от среднеквадратичных отклонений РЦ УА от середины рядка хлопчатника.

В качестве решения проблемы обеспечения точности управления и облегчения работы водителя И.Н. Азаровым была предложена система автоматического вождения (САВ) ХУМ на гоне[20]. Однако эта работа была проведена на базе навесных машин серии ХН и ХВ. Конструкции указанных машин представляют собой сложный, энергоёмкий уборочный агрегат на базе трехколесной тележки с передним направляющим колесом и значительной трудоемкостью агрегатирования с трактором. По этим и ряду др. причин, в настоящее время выпуск их прекращен. Изучению управляемости и устойчивости движения ХУМ с фронтальным расположением УА и задними направляющими (с одним и с двумя) колесами, в том числе, с применением системы автовождения САВ-1, посвящена работа Д.И.Хашимова[34]. Им разработан ряд конкретных рекомендаций по выбору общих конструктивных решений и параметров вышеуказанных машин, обеспечивающих удовлетворительные характеристики их управляемости и устойчивости движения. По результатам исследований установлено, что наилучшие характеристики управляемости и устойчивости движения имеет четырехрядная машина с фронтальным расположением УА и задними управляющими колесами при продольной базе 3250 мм.

Наиболее важным фактором, обуславливающим худшие характеристики устойчивости прямолинейного движения машины с задними направляющими колесами являются особенности стабилизации задних колес. Однако обзор и анализ литературы показывает, что вопросы стабилизации управляемых колес и устойчивости движения машины с задним расположением управляющих колес изучены недостаточно полно и требуют дальнейших исследований. С освоением и началом серийного производства и поставки на экспорт полунавесных, быстромонтируемых на трактор ХУМ серии ХМ и МХ этот вопрос стал еще более актуальным.

С целью улучшения управляемости и устойчивости движения ХУМ типа МХ на кафедре «Наземные транспортные системы» ТаШГТУ разработана система автоматического контроля(САК) угла поворота задних направляющих колес[15]. За основу разрабатываемой САК были взяты схемы и элементы указателя положения русл (УПР-1) прицепного кукурузоуборочного комбайна [66], апробированного и хорошо зарекомендовавшего себя в работе, серийный выпуск которого был освоен Херсонским комбайновым заводом совместно с НПО «Агроавтоматика»(Болгария). УПР-1 предназначен для определения положения комбайна относительно рядков кукурузы.

Датчик положения русл комбайна относительно рядков растений - копирующая рамка - содержит два последовательно соединенных преобразователя: первичный измерительный - механический чувствительный элемент (ЧЭ) и передающий измерительный преобразователя (ПИП). ПИП обеспечивает преобразование угла поворота копирующей рамки в пропорциональный электрический сигнал. Он выполнен в виде поворотного дифференциального трансформатора. Сигнал, формируемый датчиком, преобразуется в оптический сигнал, воспринимаемый визуально на мониторе в кабине тракториста. Монитор имеет усилительно-преобразующий блок (УПБ) и устройство отображения информации (УОИ).

Чувствительный элемент датчика представляет собой механический копир в виде рамки, которая может под воздействием растений кукурузы поворачиваться относительно основания. Рамка с ограничителем поворота связана тросовым приводом со шкивом ПИП и посредством пластины соединена с демпфирующим устройством.

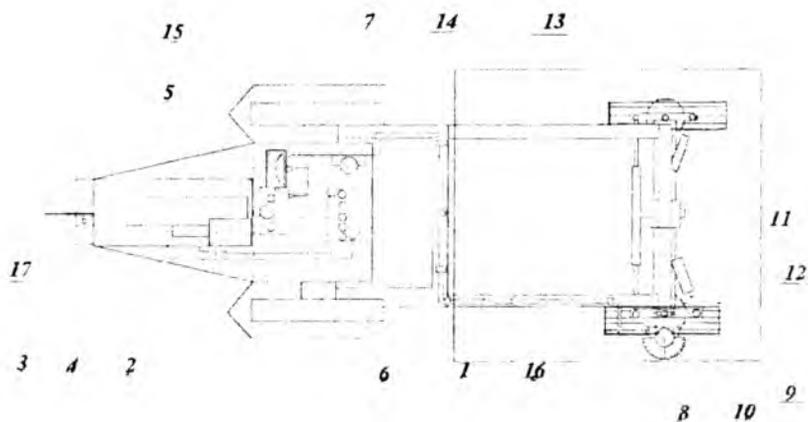
Принцип действия указателя УПР-1 следующий. При движении кукурузоуборочного комбайна в загоне вдоль рядков кукурузы копирующее устройство движется в междурядье. Если приемные русл комбайна отключаются от рядков стеблей или же

сами рядки имеют искривления, то копир, касаясь стеблей кукурузы, отклоняется. Поскольку копир связан со шкивом тросом, шкив повернется на какой-то угол, соответствующий отклонению копира. Шкив соединен с ротором датчика и провернувшись, перемещает от нулевого положения ротор датчика, в результате чего электрический сигнал от датчика по соединительным кабелям попадает в электронный блок. Электрический сигнал пропорционально изменяется от величины отклонения копирующего устройства. На электронном блоке загораются световые индикаторы, количество которых пропорционально величине отклонения, а направление составленной ими световой полосы, относительно постоянно светящегося центра, укажет направление отклонения русл комбайна от нормального положения.

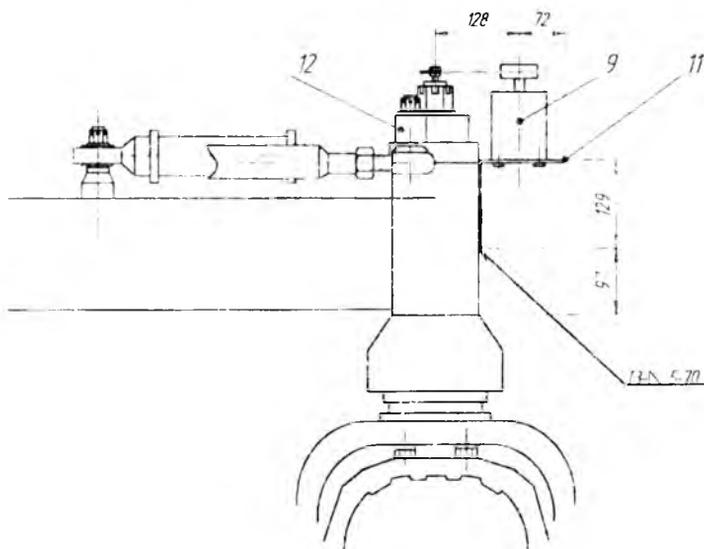
Оператор, воздействуя на руль трактора, должен вести его так, чтобы светился только центральный световой индикатор. Базовой линией для указателя являются рядки стеблей кукурузы. УПР-1 позволяет оператору точно ориентировать комбайн относительно рядков кукурузы как в светлое, так и в темное время суток.

Модернизация УПР-1 в САК угла поворота задних направляющих колес ХУМ осуществлена по схемам, приведенным на рис. 1.2 и 1.3.

Данная система состоит из индукционного датчика 9, размещенного на кронштейне 11 прикрепленного на стойке заднего направляющего колеса 12 (см. рис. 1.2 и 1.3), кабеля 8, электронного блока 15, который работает от электропитания трактора 4. На стойке направляющего колеса прикреплена планка, которая посредством троса связана со шкивом датчика. Шкив соединен с ротором датчика и провернувшись, перемещает от нулевого положения ротор датчика, в результате чего электрический сигнал от датчика по соединительным кабелям попадает в электронный блок 15 размещенный в кабине трактора на приборной доске 5. Электрический сигнал пропорционален величине отклонения колеса от прямолинейного исходного положения. Электронный блок 6 подключен к электросистеме трактора.



*Рис. 1.2. Схема размещения элементов САК на ХУМ*



*Рис.1.3. Схема размещения индуктивного датчика САК на стойке направляющего колеса ХУМ МХ-1,8*

Кабель 8 от электронного блока протянут по раме хлопкоуборочного блока 13, прикреплен скобами 16 с тем, чтобы не мешать рабочим органам машины. Принцип

работы приведенной системы аналогичен принципу УПР-1.

Модернизация УПР-1 применительно к измерению угла поворота управляющих колес ХУМ серии ХМ заключалась во внесении изменений не только в механическую часть, но и в электронный блок. Вызваны эти изменения тем, как указано было выше, что УПР-1 выполнял задачу по передаче угла отклонения русел кукурузоуборочного аппарата от рядков стеблей, величиной не более  $30^{\circ}$  от оси рядка. Так как угол поворота управляющих колес ХУМ серии ХМ имеет величину  $60^{\circ}$  и более в одну сторону, требуется доработка - модернизация электронного блока с целью расширения диапазона измерения индуктивного преобразователя угла поворота колес. Более подробная информация о модернизации принципиальной схемы УПР -1 приведена в главе 4.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что для обеспечения нормального и надежного протекания технологического процесса сбора хлопка-сырца и обеспечения достаточно высоких АПП ХУМ, особенно серий МХ с задним расположением УА и направляющих колес, должны оснащаться современными электронными средствами автоматизации (СА) контроля и управления технологическими параметрами, объединенными в общую микропроцессорную САК и У.

На ранее произведенных на ОАО «Тошкишлокмаш» ХУМ моделях ХН-3,6, ХНП-1,8А, 14ХВ-2,4Г и их опытных модификациях были предприняты попытки внедрения автоматических систем гидромеханической копировки рельефа грядок [12], САК забоя приёмных камер КЕДР-1А [38], САВ агрегата по рядкам [20]. Однако, в силу различных объективных и субъективных причин, указанные разработки не доведены до внедрения в серийное производство.

## 1.2. Особенности конструкции и характеристики полунавесной хлопкоуборочной машины серии МХ (ХМ) и результаты её испытания

С середины 90-годов ОАО «Тошкишлокмаш» перешел на производство полунавесных на трактор ХУМ серии ХМ и МХ. Отличительными их особенностями в сравнении с ранее серийно произведенной навесной ХУМ ХНП-1,8А являются:

- использование полнокомплектного трактора и обеспечения его быстрого (3-4 чел./часа) агрегатирования с машиной;

- хранение машины в полнокомплектном виде без трактора;

- расположение трактора в передней части машины;

- управление машиной штажной системой управления трактора с места водителя, кабина с трактора не демонтируется;

- движение трактора осуществляется передним ходом с возможностью выбора скорости в широком диапазоне, в том числе для машины используется скорость 4,08 км/ч, вместо 3,78 км/ч у ХНП – 1,8А (задняя скорость трактора);

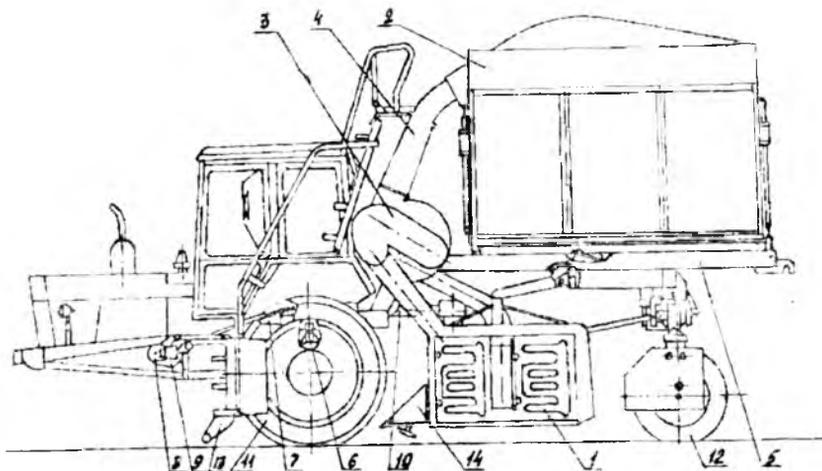
- увеличение транспортной скорости вдвое за счет расположения трактора спереди машины с четырехколесной схемой расположения колес.

Машины могут выпускаться 2-х- и 4-х-рядных модификаций для междурядий 90, 60 и 70 см, оснащением ВШ уборочными аппаратами: серийными - составными шпинделями, серийными цельнометаллическими шпинделями, аппаратами МОКХ (многократной обработки куста хлопчатника), а также ГШ аппаратами фирмы «Кейс».

Ниже приведено описание устройства и особенности ВШ ХУМ МХ-1,8-04, а также ее технические данные. Машина предназначена для сбора хлопка-сырца средневолокнистых сортов хлопчатника на полях с междурядьями 90 см, агрегатируется трактором ТТЗ-80.11, выполнена по четырехколесной схеме с двумя задними направляющими

колесами. С трактора предварительно демонтированы направляющее колесо, механизм задней навески и кожух ВОМ.

Основные части машины приведены на рис.1.4 двухрядный блок УА на базе узлов аппарата навесной ХУМ 14ХВ-2,4Г, бункер, вентиляторы и воздухопроводы смонтированы на раме и вместе с ней составляют хлопкоуборочный блок. Рама опирается шарнирно на кожухи полуосей трактора и соединяется с помощью растяжек с лонжеронами рамы трактора.



*Рис 1.4. Хлопкоуборочная машина МХ-1,8 (вид слева):  
1– уборочные аппараты; 2– бункер; 3– вентиляторы; 4 – воздухопроводы; 5 – рама; 6– кожуха полуосей трактора; 7– растяжки; 8– лонжероны рамы трактора; 9 – кронштейны; 10 – карданный вал; 11 – ведущие колеса; 12 – направляющие колеса; 13 – обтекатели; 14 – кустоподъемники.*

Технологический процесс работы машины протекает аналогично ранее серийно выпущенным навесным ХУМ.

Основные технические характеристики и параметры ХУМ МХ-1,8-04 приведены в табл. 1.1. Другие модели ХУМ данной серии отличаются от вышеописанной в основном по

агрегатируемому трактору и по количеству рядков и ширине междурядья. Машины для междурядья 60 и 70см ХМ-12 и ХМ-2,8МА, соответственно, оборудованы аппаратами МОКХ, машины ХМГ-12 и ХМГ-13 ГШ аппаратами фирмы «Кейс».

Агротехническая оценка ХУМ МХ-1,8 в период государственных приемочных испытаний проводилась на полях ОПХ «Узбекистан» [9] на однократном и двукратном сборах хлопка-сырца в соответствии с РД 10.8.11-90 [10].

При опыте на двукратном сборе при рабочей скорости 4,3 км/ч было собрано хлопка-сырца в основной бункер 85,54 %, в т.ч. за 1<sup>й</sup> сбор 69,03 %, а за второй сбор – 16,50 %, сбито хлопка-сырца на землю 10,32 %, против не более 8,0 % по ТУ. Данные эксплуатационно-технологической оценки показали, что ХУМ МХ-1,8 К работала на 1-м сборе на скорости 4,26 км/ч и втором – 6,17 км/ч, то есть её рабочая скорость, соответственно, на 5,45 % и 18,6 % выше. При опыте на однократном сборе при рабочей скорости 4,3 км/ч собрано хлопка - сырца в основной бункер 61,64 % против не менее 85 % по ТУ, сбито хлопка-сырца на землю 8,98 % против не более 8,0 % по ТУ, влажность хлопка-сырца составила 8,86 % против 6,0% по ТУ. Засоренность собранного хлопка-сырца составила 6,89% против не более 8,0% по ГОСТу. То есть по основным показателям агротехнической оценки, машина выпуска 1997 года не соответствует требованиям ТУ.

За рубежом машины данной серии испытывались с составлением акта об хозяйственных испытаниях. В Туркменистане в уборочном сезоне 2000 года на испытания были представлены 2 машины - МХ-1,8 и ХМГ-12. Как отмечено в акте [5], хозяйственные испытания ХУМ ХМГ-12, оборудованной ГШ УА, заимствованными из «Кейс 2022», из-за отсутствия соответствующего агротехнического фона провести не представилось возможным. В период хозяйственных испытаний ХУМ МХ-1,8 в агрегате с трактором МТЗ-80Х работала в дехканском объединении им. С.А.Ниязова Чяверского этрапа Ахальского вилоята.

Таблица 1.1

Основные технические данные и параметры  
ХУМ МХ-1,8-04

Агрегируемый трактор	ТТЗ-80.11
Производительность за 1 час основного времени, га/ч:	
на первом сборе	0,78
на втором сборе	0,92
Производительность за 1 час эксплуатационного времени, га/ч:	
на первом сборе	0,48
на втором сборе	0,57
Рабочая ширина захвата, м	1,8
Конструкционная масса машины без ЗИПа и трактора, кг	3720
Эксплуатационная масса машины, кг (в агрегате с трактором)	7800
Габаритные размеры: (с трактором), мм:	
длина	7950
ширина	3350
высота	4000
Продольная база, мм	3870
Колея, мм:	
- по ведущим колесам	1800
- по направляющим колесам	1800
Дорожный просвет, мм, не менее	250
Минимальный радиус поворота, м, не более:	
- по крайней наружной точке	7,9
- по следу наружного колеса	6,8
Потребляемая мощность, кВт, не более	35/38
Объем бункера, куб.м.	13,8

Агротехнические условия испытаний были характерны для Туркменистана. Сорт хлопчатника С-133, ширина междурядья – 90 см, средняя урожайность - 20 ц/га.

Турция, ежегодно увеличивающая производство хлопка-сырца и стремящаяся механизировать процесс его уборки заслуживает особого внимания как крупный потенциальный импортер отечественной хлопкоуборочной техники.

В Турции впервые отечественная ХУМ испытывалась в 2001 году. По согласованию с турецкой стороной две машины ХМ –12МА (один в агрегате с трактором ТТЗ-100 К, другой без трактора) с уборочным аппаратом МОКХ - были представлены на показательные хозяйственные работы на юге Турции. Так как проведение официальных приемочных или других испытаний не было предусмотрено, то официальные акты испытаний и др. документы не были оформлены. Указанные показательные работы были проведены в районе Саке Урфа с приглашением потенциальных заказчиков - местных фермеров, на местных средневолокнистых сортах с урожайностью по раскрытому хлопку 35-38 ц/га, степень раскрытия коробочек - 85-90%. Схема посева опытного поля рядковая со шириной междурядья – 70 см.

Испытания отечественных ХУМ серий ХМ за рубежом, в частности, в Туркменистане и Турции носили показательный коммерческий характер и оценка агротехнических и других показателей не производилась, были приведены только хозяйственные испытания с общей оценкой наработки и качества работы машин.

ХУМ МХ-1,8 в агрегате с трактором МТЗ-80Х работала на сборе средневолокнистых сортов Ф-133 «Ахал» в дехканском объединении им. С.А.Ниязова Гаверского этрапа Ахалского вилоята Туркменистана с 21.09 по 30.10.2000 года. В акте об испытаниях [6] отмечается, что за указанный период машиной на 1-2 сборах было убрано 120 т хлопка-сырца, убранная площадь составила 145 га. По оценкам местных хозяйственников машина МХ-1,8 по производительности, полноте сбора хлопка-сырца, удобству обслуживания не уступает базовой навесной машине ХНП-1,8А. В акте о результатах испытаний приводятся также результаты экономического расчета эффективности ХУМ МХ-1,8 в условиях Туркменистана для двух вариантов использования

сравниваемых машин (ХНП-1,8А и МХ-1,8). Первый вариант у обеих машин трактор после уборочного сезона высвобождается и используется на других сельхозработах в течение года, второй вариант - рассматривает случай использования ХУМ ХНП-1,8А как самоходной, т.е. трактор от машины не высвобождается из-за сложности и трудоемкости этой операции. По результатам испытаний в АО «Ахалобахызмат» Ассоциации «Туркменобахызмат» сформулированы следующие выводы и предложения:

ХУМ МХ-1,8 в хозяйственных условиях показала себя работоспособной и не уступала машине ХНП-1,8А, а по параметрам агрегатируемости имеет значительное превосходство. Расчет годовой экономической эффективности на одну машину составил: вариант №1 -! 845 дол. США или 9 594 тыс.манат, а по варианту №2 - 6 295 дол. США или 32 734 тыс.манат. Высвобождающийся трактор из-под хлопкоуборочного блока может быть использован на других сельхозработах.

По результатам хозяйственных работ в хлопководческом районе Соке Турции в 2001 году установлено, что показатели машины ХМ-1.2МА (двухрядная, для междурядья 70 см с аппаратами МОКХ) не хуже, чем показатели машины CASE, а по засоренности собранного хлопка она даже превосходит ее.

В акте по результатам испытаний АО «BIRPAS» (BIRLIK RAMUK) отмечаются положительные стороны машины узбекского производства, положительные мнения о ней специалистов научно-исследовательского института «Narilli Ramuk» и фермеров - производителей хлопка, а также недостатки, которые доведены специалистами завода-изготовителя.

По результатам указанных показательных хозяйственных работ с турецкой стороны, было принято решение о закупке партии машин испытанной модели. Это подтверждает актуальность НИ и ОКР по совершенствованию конструкции указанных машин, доведения их технического уровня до мировых конкурентоспособных стандартов.

### *1.3. Выбор технологических параметров хлопкоуборочной машины МХ-1,8, подлежащих автоматизации контроля и регулирования*

Как было уже отмечено выше, условия работы УА полунавесных машин существенно отличаются от серийно выпущенных до 1997 года навесных машин серии ХВ и ХН. Расположение УА и направляющих колес за ведущим мостом трактора и за кабиной механика-водителя в машинах МХ затрудняет визуальный контроль работой аппаратов и усложняет управляемость ХУМ при разворотах и заездах на рядки, снижает точность вождения по ним.

К снижению АТП и эффективности ХУМ в целом способствуют и нижеперечисленные наиболее часто возникающие технологические отказы и неисправности, отклонения технологических параметров машины от оптимальных значений:

- несоответствие высоты расположения УА рельефу грядок рядка хлопчатника, вследствие чего недобирается урожай с нижних хлопковых коробочек;

- нарушение оптимального значения коэффициента опережения (отношение скорости вращения шпиндельных барабанов к поступательной скорости ХУМ);

- несоответствие ширины рабочей щели УА агрофону убираемого хлопкового поля;

- снижение частоты вращения шпинделей, съемников и вентиляторов относительно указанных в ТУ;

- снижение давления или забой пневмотранспортной системы;

- несоответствие точности вождения по рядкам ХУМ к установленным требованиям;

- увеличение потерь урожая, в виде сбитого на землю хлопка-сырца из-за несоответствия агрофона убираемого поля к агротехническим требованиям и по др. причинам.

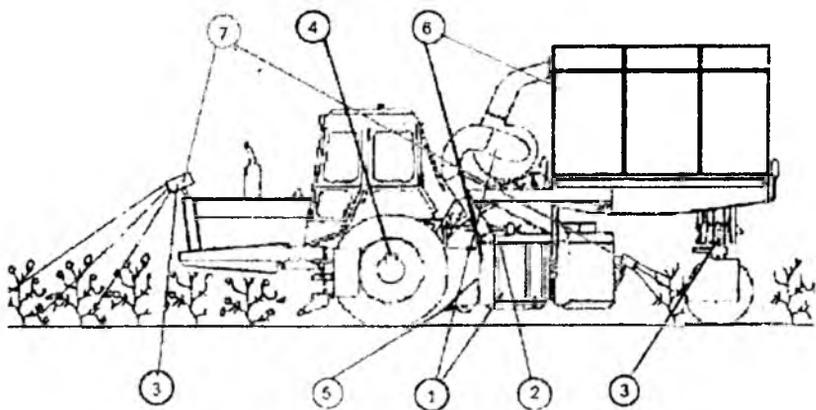
Анализ состояния вопроса автоматизации ХУМ, изучение протоколов и актов испытаний машин серии МХ, собственные исследования и полевые эксперименты с ХУМ

МХ-1,8 позволили выделить наиболее актуальные функции, подлежащие автоматизации контроля и управления в машинах МХ-1,8, как составная часть разрабатываемой комплексной с микро-процессорной САКиУ ХМТА [55,56], приведенной в виде схемы на рис. 1.5. Анализ состояния вопроса также показал, что по всем указанным на схеме системам имеются определенные теоретические предпосылки, проведены НИ и ОКР, опытные образцы некоторых локальных систем прошли государственные испытания и внедрены на некоторых модификациях навесных ВШ ХУМ, опытных партиях машин и экспериментальных образцах. К таковым относятся гидромеханическая САР высоты УА, внедренная на ХУМ ХН-3,6 [44], САК «Кедр-1А4» забоя приёмных камер УА : заполнения бункера [38] и САК и У ширины рабочей щели УА [17], прошедшие государственные приемочные испытания и реализованные на опытных партиях навесных ХУМ. Имеются также разработки по созданию САВ[26] навесных машин и САК положения задних направляющих колес полунавесной ХУМ МХ-1,8 [15], а также по системам контроля и измерения кинематических и скоростных параметров [65], апробированных на полевых и лабораторно-стендовых испытаниях.

Ведутся работы над созданием САК потерь урожая (позиция 7 рис.1.5), основанная на применении современной цифровой фото- и видеоаппаратуры со специальной компьютерной автоматизированной системой распознавания по цифровым кадрам остатков урожая на поверхности грядок [3,62].

В связи с переходом на выпуск полунавесных быстроагрегатируемых на трактор ХУМ с его полнокомплектным использованием указанные автоматические системы необходимо доработать с учетом особенностей полунавесной машины ХУМ и с заменой морально устаревших первичных преобразователей и др. аппаратных средств современными

электронными средствами преобразования сигналов, контроля и управления параметров.



*Рис. 1.5. Схема функции подлежащих автоматизации контроля и управления в полунавесной ХУМ серии МХ в агрегате с трактором ТТЗ: 1-система контроля кинематическими параметрами УА и вентиляторов; 2-САКиУ ширины рабочей щели УА; 3-САК положения направляющих колес(или САВ МТА); 4-система измерения скорости движения агрегата; 5-САР(или САК) высоты расположения УА над поверхностью грядок; 6-САК забоя пневмотранспортной системы и заполнения бункера, 7-САК потерь(качества сбора) урожая*

Ниже в табл.1.2 приведены основные технологические и кинематические параметры ХУМ, подлежащих автоматизации контроля и управления и их диапазоны изменений, количество контролируемых точек (параметров), где устанавливаются первичные преобразователи(ПП), а также тип применяемого или намечаемого ПП.

Следует отметить, что приведенный в таблице перечень контролируемых технологических и кинематических параметров актуален для всех модификаций ВШ ХУМ - навесных, полунавесных или самоходных. В табл. 1.2 также приведены.

Таблица 1.2

Технологические и кинематические параметры ХУМ, подкаание автоматизации контроля и регулирования, основные характеристики систем, реализующие указанные функции

№	Наименование параметра	Диапазон изменения	Вид контроля и регулирования параметра		Задача контроля и регулирования	Кол-во контролируемых параметров, объектов	Форма представления информации	Тип применяемого первичного преобразователя (датчика)
			Непрерывный	Дискретный				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Высота расположения УА над поверхностью грядок, в мм	От 0 до 10	Непрерывный	-	Оповещение водителя и поддержание высоты УА в заданном пределе	1	Цифровая, светодиодные, линейно - расположенные индикаторы	Оптический Потенциометрический
2	Отклонения оси рядка хлопчатника от оси рабочей шели УА, в мм	От 0 до 30	Непрерывный	-	Оповещение водителя и регулирование отклонения оси РЩ УА в заданном пределе	1	Цифровая, светодиодные, линейно расположенные индикаторы	Оптический
3	Ширина рабочей шели УА, в мм	От 22 до 40	Непрерывный	-	Оповещение водителя и регулирование ширины РЩ УА в зависимости от параметра агрофона	2	Цифровой индикатор в виде десятичного кода	Оптический
4	Давление в приемных камерах УА (забор в приемных камерах)	Выше или ниже нормы	-	Дискретный (0 или 1)	Оповещение водителя о сбоях в приемных камерах	4	Светодиодные индикаторы с звуковым сопровождением	1. Оптический 2. Пневматический

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Заполнение бункера	Выше или ниже нормы	-	Дискретный (0 или 1)	Оповещение водителя о заполнении бункера в заданном пределе	1	Светодиодные индикаторы с звуковым сопровождением	1. Оптический 2. Тензометрический
6	Потери урожая за УА	Если $\geq 4\%$	-	Дискретный (0 или 1)	Оповещение водителя о перевесености, потере урожая выше нормы и для принятия меры	2	Светодиодные индикаторы с звуковым сопровождением	Оптический
7	Скорость движения ХУМ, км/ч (м/с)	От 0 до 15(3)*	Нерывный	-	Оповещение водителя о фактической скорости движения ХУМ	1	Цифровой индикатор в виде десятичного кода	Индуктивный датчик
8	Средняя частота (скорость) вращения шпинделей за один оборот барабана, об/мин *	От 900 до 1100	Нерывный	По - переменный	Контроль и оповещение водителя о выходе скорости вращения шпинделей из заданного предела	Шпиндельных барабанов по 12 шпинделей в делей в каждом**	Цифровой индикатор в виде десятичного кода	1. Индуктивный датчик. 2. Оптический датчик
9	Средняя частота (скорость) вращения сьемников, об/мин (мин <sup>-1</sup> )	От 1500 до 1700*	Нерывный	По - переменный	Контроль и оповещение водителя о выходе скорости вращения сьемников из заданного предела	12 сьемников**	Цифровой индикатор в виде десятичного кода	Индуктивный
10	Частота (скорость) вращения вентиляторов, об/мин (мин <sup>-1</sup> )	От 1400 до 1800*	Нерывный	По - переменный	Контроль и оповещение водителя о выходе скорости вращения вентиляторов из заданного предела	2	Цифровой индикатор в виде десятичного кода	Индуктивный

\* Могут корректироваться в зависимости модели ХУМ (навесная, полунавесная, самоходная) и агрегируемого трактора.

\*\* Для 2-х рядной ХУМ.

формы представления – выдачи информации оператору – механику-водителю о контролируемом параметре и количество контролируемых параметров применительно для 2-х рядной ХУМ. Как составная часть комплексной микропроцессорной системы автоматического контроля и управления ХМТА. всю информацию, приведенную в табл. 1.2, необходимо представить на мониторе бортовой системы контроля и регулирования параметрами и процессами агрегируемой машины.

В настоящее время имеется техническая возможность реализации 7 систем, приведенных в таблице 1.2, на серийно выпускаемых машинах МХ-1,8. Предстоит проведение НИ и ОКР по разработке САВ машины по рядкам хлопчатника (позиция 3 рис.1.5), где контролируемым параметром является отклонение оси рядка хлопчатника от оси рабочей щели УА (пределы изменения  $\pm 30$ мм), по разработке САК частоты вращения шпинделей в зонах сбора и съема на каждом из 8 шпиндельных барабанов. с учетом реверса шпинделей (часть позиция 1 рис.1.5), а также по разработке САК потери урожая за УА (позиция 7 рис.1.5), основанной на цифровой съемке поверхности грядок после прохода УА.

Особенно актуальна проблема управляемости и точности вождения по рядкам хлопчатника такого своеобразного ХМТА, каким является полунавесная ХУМ МХ-1,8 в агрегате с трактором ТТЗ-80.11, с «торчащим» капотом перед кабиной и без передних направляющих колес. Суть задачи заключается в том, что при начале движения механизатор не знает, в каком положении находятся задние направляющие колеса, при заезде в грядки, закончил ли он маневр или нет. Если направляющие колеса во время начала движения расположены поперек грядки, то на них возможен наезд, что может привести к потере урожая и срыву покрышек с дисков колес. Также при езде в грядках ему мешает капот трактора, который ухудшает обзор из трактора. Механизатору приходится ориентироваться на угол капота трактора, что приводит к его усталости, нарушается точность вождения

агрегата по рядкам и как следствие - ухудшается качество сбора хлопка, увеличивается сбивание урожая на землю.

Поэтому необходимость автоматизации ХМТА по рядкам или в начальном этапе оснащения ХУМ серии МХ-1,8, САК положение направляющих колес не вызывает сомнения. Как было изложено выше в п. 1.1, авторами данной работы разработана модернизированная система контроля угла поворота направляющих колес ХУМ МХ- 1,8 с светодиодными индикаторами - указателями угла поворота колес, апробирована на полевых испытаниях [15]. Работы по усовершенствованию данной системы продолжены, результаты их изложены в разделе 4 настоящей книги.

Результаты исследований по разработке систем контроля кинематических параметров УА - скоростей вращения шпindelных барабанов, щеточных съемников и вентиляторов на базе промышленно выпускаемых индуктивного датчика, а также по разработке САК частоты вращения шпинделей, учитывающей их реверсирование, изложены ниже, в разделе 5.

#### *1.4. Уточнение задачи исследования и опытно-конструкторские работы проекта*

Исходя из вышеприведенного в табл. 1.2 перечня технологических и кинематических параметров полунавесной ХУМ МХ-1,8, необходимо провести исследования по обоснованию рациональных величин и пределов изменений указанных параметров, в качестве исходных для выбора и обоснования схем и параметров как САК и У в целом, так и их функциональных элементов, особенно ПП.

Как было отмечено в п. 1.1, важным параметром ВШ ХУМ, определяющим ее приспособленность к агрофону, является ширина рабочей щели (РЩ). Необходимо продолжить ранее проведенные исследования [18,48] по выбору критериев и параметров для автоматизации регулировку РЩ с учетом особенностей конструкции и

характеристик полунавесной ХУМ МХ-1,8 и характеристик современных районированных и перспективных скороспелых сортов хлопчатника. Такие же задачи предстоит решить и по другим, не менее важным параметрам, такие как высота расположения УА над поверхностью грядки, точность вождения по рядкам агрегата, обуславливающим наилучшие АТП ХУМ с задними направляющими колесами. Необходимо также используя последние достижения в области электроники и микропроцессорной техники [53,54], перевести материальную базу ранее разработанных систем на современную основу.

Для решения указанных задач необходимо проведение исследований:

- стабильности технологических регулировок рабочей камеры УА по обоснованию рациональной по агрофону ширины РЦ УА и параметров для ее управления в процессе работы ХУМ;

- по обоснованию технологических параметров для систем контроля высоты УА над поверхности грядки и потерь урожая за ХУМ;

- по разработке структурной и функциональной схем микропроцессорной САК и У ширины РЦ УА;

- моделирования движения и условия качения направляющих колес полунавесной ХУМ МХ-1,8,

- по разработке микропроцессорной САК положения задних направляющих колес полунавесной ХУМ МХ -1,8;

- разработка схем систем контроля высоты расположения УА относительно грядки, потери урожая за УА, кинематическими параметрами рабочих органов УА;

- построение математических моделей интеллектуальной информационно-измерительной бортовой системы контроля параметров МТА;

- изготовление и проведение стендовых и лабораторно-полевых испытаний опытных образцов разработанных устройств и систем.

## ГЛАВА 2. Обоснование пределов изменений автоматически контролируемых технологических параметров хлопкоуборочной машины

---

### *2.1. Расчетная и экспериментальная оценка стабильности технологических регулировок рабочей камеры уборочного аппарата*

Характерная особенность конструкции каркаса УА и привода шпиндельных барабанов подвижной секции определяет то, что при изменении ширины РЦ УА происходит нарушение шахматного расположения шпинделей смежных барабанов, приводящее к ухудшению АТП ХУМ. для выявления причин которой необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований.

Для расчетной оценки нарушения шахматности шпинделей при регулировочных изменениях ширины шели необходимо уточнить траекторию перемещения центра шпиндельного барабана подвижной секции. При условии постоянного контакта рамки с кулачками механизма регулировки РЦ, траекторией центра О шпиндельного барабана будет дуга окружности радиусом равным расстоянию между двумя вертикальными шарнирами (стойки и поворотного вала) подвески рамки (рис.2.1). Величина нарушения шахматности расположения шпинделей смежных барабанов складывается из двух составляющих:

а) изменения положения рамки подвижной секции в пространстве;

б) поводкового (зубчато- рычажного) механизма привода барабана подвижной секции.

Определяем величину нарушения шахматности от изменения положения рамки подвижной секции:

Из  $\Delta ABO$  (см. рис.2.1)

$$\lambda = \arccos \frac{(OA)^2 + (OB)^2 - (AB)^2}{2(OB) \cdot (OA)},$$

где  $OB$  - расстояние между осями стойки и поворотного вала подвески рамки;

$AB$  и  $AB'$  - расстояние между центрами смежных барабанов до и после изменения величины РЦ соответственно;

$AB$  и  $BC$  - соответственно малый и большой поводки.

Из рис. 2.1 значение угла  $\alpha$  равно

$$\alpha = \arcsin \frac{OB \sin \left[ \arccos \frac{(OA)^2 + (OB)^2 - (AB)^2}{2(OB) \cdot (OA)} \right]}{AB}$$

Величина нарушения шахматности шпинделей от изменения положения рамки определяется следующим:

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha' \quad (2.1)$$

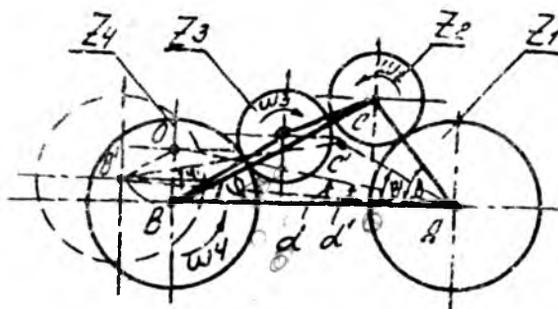


Рис. 2.1. Расчетная схема определения величины нарушения шахматности шпинделей от изменения положения рамки подвижной секции

$$\alpha' = \arcsin \frac{OB' \sin \left[ \arccos \frac{(OA)^2 + (OB')^2 - (AB')^2}{2(OB') \cdot (OA)} \right]}{AB'}$$

Для определения нарушения шахматности шпинделей от поводкового механизма, считая зубчатое колесо  $Z_1$  (см. рис.2.1) неподвижным, определяем углы дополнительных поворотов вокруг своей оси зубчатых колёс  $Z_2$ ,  $Z_3$  и  $Z_4$ :

$$\left. \begin{aligned} \text{доп. пов. } Z_2 &= \Delta\beta \frac{90}{40} \\ \text{доп. пов. } Z_3 &= -\left(\Delta\beta \frac{90}{40}\right) \\ \text{доп. пов. } Z_4 &= \Delta\beta - \Delta\varphi \end{aligned} \right\} (2.2)$$

Здесь:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\beta &= \arccos \frac{(AB)^2 + (AC)^2 - (BC)^2}{2(AB) \cdot (AC)} - \arccos \frac{(AB')^2 + (AC')^2 - (B'C')^2}{2(AB') \cdot (AC')} \\ \Delta\varphi &= \arccos \frac{(AB)^2 + (BC)^2 - (CA)^2}{2(AB) \cdot (BC)} - \arccos \frac{(AB')^2 + (B'C')^2 - (C'A')^2}{2(AB') \cdot (B'C')} \end{aligned} \right\} (2.3)$$

Из выражений (2.1), (2.2) и (2.3) суммарная величина  $\Delta\psi^\circ$  нарушения шахматного расположения шпинделей смежных барабанов, т.е. угла  $\Delta\psi$  поворота колеса  $Z_4$  при изменении ширины РЦ равна

$$\Delta\psi = (\Delta\beta - \Delta\varphi) \pm (\Delta\alpha) \quad (2.4)$$

Знак перед  $\Delta\alpha$  зависит от начальной величины угла  $\lambda$ .

По вычисленным по формуле (2.4) значениям величин нарушения шахматности шпинделей при регулировании ширины РЦ серийного УА в пределах 22...47 мм построен график (рис.2.2). При этом отклонения от погрешностей и неточностей изготовления и сборки, а также износ деталей привода и подвески рамки не учитывались.

Следовательно, необходимо внести конструктивные изменения в вышеуказанные узлы, принципиально устраняющие нарушение шахматности при регулировании ширины УА в процессе уборки урожая.

Из графика видно, что уже в пределах регулировочных изменений величин РЦ величина нарушения шахматности шпинделей достигает и даже превышает допустимую (штриховая линия), и возникает опасность соударения бобышек верхних дисков смежных барабанов.

Таким образом, нарушение шахматности шпинделей серийного аппарата при изменении ширины РЦ, которое

может превышать установленный техническими условиями на машину допуск даже при идеальном первоначальном установлении шахматности шпинделей, исходит из конструкции подвески рамки подвижной секции и механизма её привода.

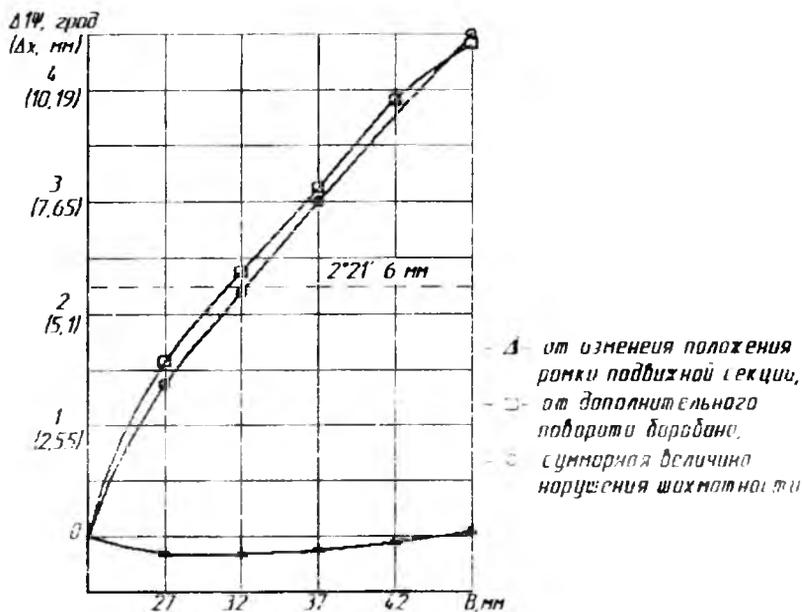


Рис.2.2. Зависимость величины нарушения шахматного расположения шпинделей смежных барабанов от изменения ширины РЩ

Следовательно, необходимо внести конструктивные изменения в вышеуказанные узлы, принципиально устраняющие нарушение шахматности при изменении ширины РЩ УА, позволяющие тем самым, повысить АТП и производительность машины за счет оперативного без затрат времени выбора рациональной по агрофону ширины РЩ. Вышеизложенная методика расчета величины нарушения шахматного расположения шпинделей смежных барабанов

при изменении ширины РЦ приемлема и для других схем зубчато-рычажного (паводкового) привода шпиндельных барабанов подвижной секции, например схем приведенных в [16], при этом изменяются соответствующие размеры паводков и исходные значения углов  $\lambda, \alpha, \beta$ .

Экспериментальная оценка стабильности технологических регулировок рабочей камеры УА (ширина РЦ, шахматное расположения шпинделей и параллельность смежных барабанов), серийно выпущенных навесных ХУМ произведена на полях хозяйств Сырдарьинской области в период первого машинного сбора хлопка-сырца [20]. УА ныне серийно выпускаемых полунавесных ХУМ серии МХ(ХМ) остались без каких-либо изменений.

Результаты исследований показали, что чаще других зарегистрирована непараллельность шпиндельного барабанов в среднем в 7 машинах за смену, наибольшее значение которой доходило до +9мм (знак «+» означает, что ширина щели больше в верхней части рабочей камеры, чем в нижней), при среднеарифметическом 2,69 мм и  $\sigma = 0.33$  мм (рис.2.3). Для регулировки параллельности до допускаемой величины затрачивается 7 мин (для 2х рядной ХУМ) в условиях ремонтных мастерских [6].

Нарушение регулировки ширины РЦ обнаруживалось в среднем в 5 аппаратах в смену при величине до 8 мм. При этом механик-водитель не обнаруживает нарушения регулировки своевременно, в момент его появления, т.к. на серийных машинах нет устройств или систем для постоянного контроля шириной РЦ. Все нарушения регулировки РЦ в период наблюдений обнаружены нами при ее контрольных измерениях в период стоянки машины для обмыва шпинделей или же для выгрузки собранного хлопка. При больших отклонениях (свыше 2...4 мм) производилась перегулировка.

Примерно такая же картина выявлена в измерениях перепада ширины РЦ между первой и второй парами шпиндельных барабанов. Характерным является то, что в

подавляющем большинстве случаев (в 12 аппаратах) (рис. 2.4) его величина не превышала  $\pm 1$  мм, то есть перепада фактически не было.

За время наблюдений произведены измерения ширины РЦ через каждые  $90^\circ$  угла поворота шпиндельного барабанов в сторону рабочего вращения и определены величины отклонения от установленной величины за полный цикл вращения шпиндельного барабана. По полученным данным построена гистограмма распределения величин отклонений (рис. 2.5), по которой видно, что больше чем половины (54%) обследованных УА имеют отклонения, превышающие допускаемую по ТУ величину ( $\pm 1,5$  мм). Очевидно, что при выборе шага варьирования ширины РЦ при её регулировании и величины перепада щелей между первой и второй парой барабанами следует учесть результаты данных исследований. Рекомендуется устанавливать величину перепада по верхнему пределу, то есть 4 мм, а регулировку производить при её уменьшении до 2 мм.

Случаи нарушения шахматного расположения шпинделей смежных барабанов имели место в 8 УА, операции по устранению которых в условиях хозяйств одни из наиболее трудоемких - 0,74 чел/час для 2х рядной ХУМ [14], а для 4-х рядной машины в два раза больше.

Результаты исследований показали, что на 7-ми 2-х рядных ХУМ приходится в смену 19 нарушений технологических регулировок рабочей камеры УА, а на 7-ми 4-х рядных ХУМ их было 21. Иными словами, на одну машину приходится в смену по три нарушения различных технологических регулировок рабочей камеры, трудоемкость устранения которых в хозяйственных условиях составляет от 0,15 до 0,74 чел/ч (для 2-х рядной ХУМ).



Рис.2.3. Распределение величин не параллельности смежных шпиндельных барабанов

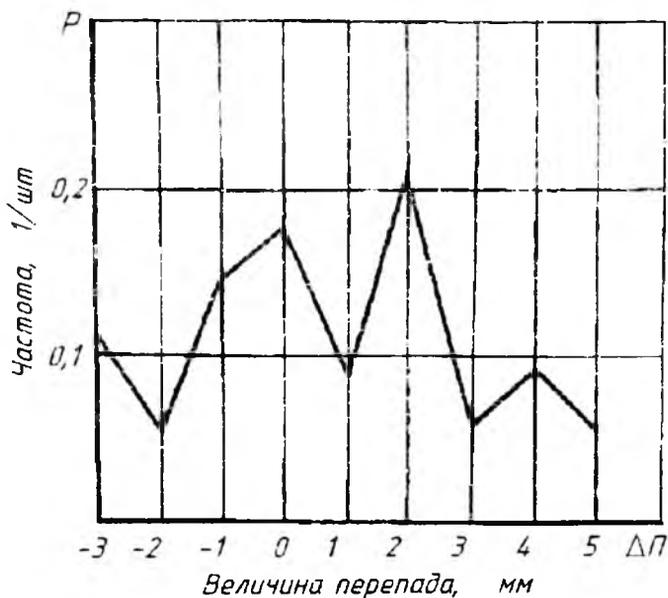


Рис.2.4. Распределение величины перепада ширины РЩ между передними и задними парами шпиндельных барабанов



Рис.2.5. Распределение величин отклонений ширины РЩ от установленного значения при повороте барабанов на  $90^0$

Таблица 2.1

Статистические характеристики величин нарушения технологических регулировок рабочей камеры

№	Наименование нарушения	Среднее арифметическое, мм	Среднеквадратическое откл., мм	Коэффициент вариации, %
1	Непараллельность смежных шпинд. барабанов	2,69	0,33	13,3
2	Перепад ширины щели между передн. и задн. парами шпинд. барабанов	0,69	0,39	56,5
3	Отклонения ширины щели от установ. через 1/4 оборота барабанов	1,57	0,13	8,8

Для обеспечения наивысших АТП машины в течение всей рабочей смены необходимо своевременно обнаружить и устранить нарушения регулировок рабочей камеры, которые приводят в конечном счете к уменьшению коэффициента использования рабочего времени и производительности машины в целом. Средняя трудоемкость регулировок, имевшая место в наших наблюдениях, равна 0,5 чел/час.

Анализ причин возникновения отмеченных нарушений совпадает с причинами, указанными в ранее приведенных исследованиях [12,14,16,31] и подтверждает необходимость разработки научно обоснованных конструктивных улучшений с целью предупреждения нарушений, т. е. повышения стабильности регулировок рабочей камеры, снижения их трудоемкости и создания конструктивных предпосылок для управления непосредственно в процессе сбора хлопка-сырца.

Необходимо решить также задачу своевременного обнаружения нарушений технологических регулировок (разработка системы или устройств автоматического непрерывного контроля параметрами) и устранения их с наименьшими затратами труда и времени без остановки машины.

Такие же выводы можно сделать и по режимам и регулировке щеточного съемника относительно шпинделя на основании анализа достаточно обширного материала по исследованию её стабильности и надежности работы, изложенной в [4].

## ***2.2. Обоснование рациональной по агрофону ширины рабочей щели и выбор параметров для ее управления в процессе работы хлопкоуборочной машины***

Для исключения потерь урожая в виде сбитых зелёных коробочек выше, чем по АТП (0,3 шт/п.м), фактическое значение наименьшего расстояния между ближними шпинделями смежных барабанов  $L_{\min}$  должно быть

$$L_{\min} = d_{зк} - \delta_3,$$

где  $d_{зк}$  - величина диаметра зелёной коробочки, которая может пройти через данный зазор между ближними противостоящими шпинделями;

$\delta_3$  - величина, исходящая из условия "наличия следов зубцов шпинделя на поверхности коробочки при правильно отрегулированной РЩ" [31,49] и принятая нами с учётом высоты зуба шпинделя (1,5 мм) равной 3 мм.

Полученное ранее в [6] уравнение, характеризующее зависимость расстояния  $L$  между ближними шпинделями смежных барабанов от параметров шпиндельного барабана и шпинделя  $R_6, \varphi_1, \gamma, B$  и  $r_{ш}$ , для случая  $\varphi_1 = \gamma / 4$  имеет вид

$$L_{\min} = \sqrt{[B + R_6(1 + \cos(\gamma/2) - 2\cos(\gamma/4)) + 2r_{ш}]^2 + [2R_6 \sin(\gamma/4)]^2} - 2r_{ш} \quad (2.5)$$

где  $\varphi_1$  - угол поворота левого барабана;  $\gamma$  - угловой шаг расположения шпилей на барабане;  $B$  - величина РЩ;

$r_{ш}$  - радиус шпинделя;  $R_6$  - радиус шпиндельного барабана.

По приведенному на рис. 2.6 графику зависимости расстояния  $L_{\min}$  от величины РЩ  $B$ , построенному по данным вычислений уравнения (2.5), зная значения диаметров зелёной коробочки  $d_{зк}$  и величину  $\delta_3$  для определенного сорта хлопчатника или участка хлопкового поля с определенным агрофоном можно выбрать рациональную ширину РЩ УА для данного сорта (участка поля), обеспечивающую наибольшую полноту сбора хлопка сырца, при сохранении заданного по АТТ допуска на количество сбитых зелёных коробочек.

Ранее приведёнными исследованиями [6,12,14,16] установлено, что при регулировании РЩ нарушается шахматное расположение шпинделей смежных барабанов, которое приводит к снижению АТП машины. При этом самым "страдающим" показателем является количество сбитых зелёных коробочек, увеличивающееся в 1,5 раза при величине нарушения шахматного расположения на  $4^0$ .

Для случая нарушения шахматного расположения уравнение (2.5) имеет вид

$$L = \sqrt{[b + 2R_0 \cos(\varphi_1 - \gamma/2 \pm \Delta\psi) - R_0 \cos\varphi_1]^2 + [-R_0 \sin(\varphi_1 - R_0 \sin(\varphi_1 - \gamma/2 \pm \Delta\psi))]^2} - 2r_w \quad (2.6)$$

где  $\Delta\psi$  - величина углового смещения правого шпиндельного барабана относительно противостоящего.

Для серийного УА ( $R_0=146\text{мм}$ ,  $\gamma=30^\circ$ ,  $r_w=12\text{мм}$ ) при ширине РЦ  $B=30\text{мм}$  и  $\Delta\psi=0^\circ, \pm 4^\circ, \pm 8^\circ$  вычислены по выражению (2.6) значения расстояний между ближними шпинделями смежных барабанов. Результаты вычислений приведены на рис.2.6 в виде графиков зависимости  $L$  от угла поворота барабана  $\varphi_1$ . Характер изменения расстояния  $L$  между ближними шпинделями смежных барабанов при идеальном шахматном расположении ( $\Delta\psi=0^\circ$ ), как было уже установлено нами выше (см.рис.2.7), имеет вид параболы с минимумом при  $\varphi_1 = \gamma/4 = 7^\circ 30'$ .

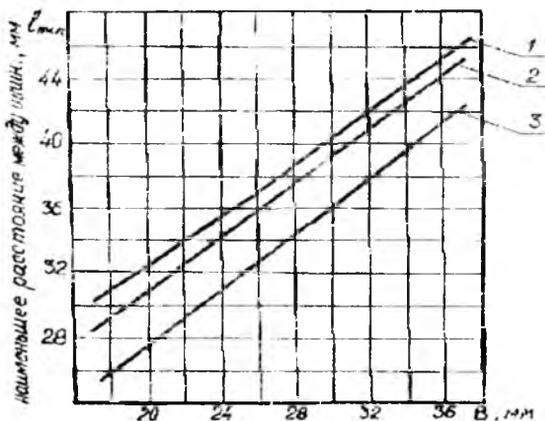


Рис.2.6. Зависимости наименьшего расстояния между шпинделями  $L_{min}$  от ширины РЦ  $B$ : 1-серийный УА; 2- УА со шпинделем  $r_w=15$  мм; 3- УА с  $R_0=97$  мм,  $\gamma=36^\circ$ ,  $r_w=12$  мм

После пересечения шпинделя правого барабана поперечной оси ( $\varphi_1=0$ ), где  $L=41,9$  мм, изменение расстояния между ближними шпинделями характеризуется уже другой параболой, описывающей изменение между

рассматриваемыми шпинделем правого барабана и следующим шпинделем левого барабана, так как предыдущие шпиндели не стали “ближними”. На рис.2.7 участок парабол, характеризующих расстояние  $L$  в рабочей камере показан сплошными линиями.

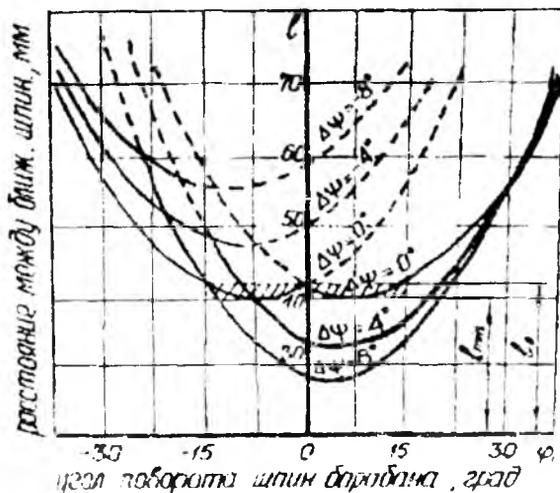


Рис.2.7. Изменение расстояния  $L$  в рабочей камере при наличии нарушения шахматности шпинделей

При нарушении шахматного расположения шпинделей на величину  $\Delta\psi = 4^\circ$ , т.е. равной смещению приводной шестерни ( $Z=90$ ) правого шпиндельного барабана относительно противостоящего на один зуб в сторону вращения, вышеописанный характер изменения расстояния  $L$  существенно изменится - пределы его изменения в наиболее узкой части рабочей камеры ( $\varphi_1 = -15^\circ \dots +15^\circ$ ) с  $40,09 \dots 41,9$  мм увеличиваются на  $23,62 \dots 48,5$  мм, а минимум параболы  $L_{\min}$  сместится влево, с  $\varphi_1 = 7^\circ 30'$  на  $\varphi_1 = 5^\circ 30'$ .

Уменьшение  $L_{\min}$  с  $40,00$  до  $33,62$  мм приводит к уменьшению ширины РЦ. По приведённым на рис.2.8 графикам зависимости  $L_{\min}$  от  $B$ , несложно определить, что

$L_{\min}=33,62$  мм соответствует ширине РЩ  $B=22$  мм при шахматном расположении шпинделей, т.е. при величине нарушения шахматного расположения равной  $\Delta\phi=4^0$  ширина РЩ уменьшится на 8 мм. Это приводит к резкому ухудшению АТП машины - увеличению сбивания зелёных коробочек и снижению полноты сбора.

Для обеспечения наивысших АТП возникает необходимость внедрения эффективных методов контроля и управления технологическими параметрами машины в процессе её работы. Одним из таких параметров является ширина РЩ УА. Её рациональное значение, как было отмечено выше, зависит от состояния характеристики агрофона (урожайности, степени раскрытия коробочек, размеров куста и т.д.) [6,12,14,49].

В настоящее время ширину РЩ устанавливают в пределах 22...36 мм, причём нижний предел относится к второму и, в случае необходимости, третьему сбору хлопчатника, когда раскрытых коробочек на кусте осталось мало, нераскрытых практически нет, а кусты в значительной степени деформированы в предыдущих проходах. Ширину щели более 26 мм назначают на первом сборе, когда на кустах много зелёных коробочек. Уменьшение щели в пределах, допустимых по АТП количества сбитых зелёных коробочек, как показывают экспериментальные исследования, сопровождается повышением полноты сбора. Поэтому в качестве критерия при регулировании щели во время 1 и 2 сбора хлопка целесообразно принять количество сбитых зелёных коробочек на единицу длины ряда. Этот показатель удобен и тем, что он установлен в абсолютных единицах (0,3 шт./пог.м.), а не в относительных, как другие основные АТП - полнота сбора (90 %) и потери урожая на землю ( $\leq 3\%$ ), регламентированные АТП из расчёта всего раскрытого урожая хлопка.

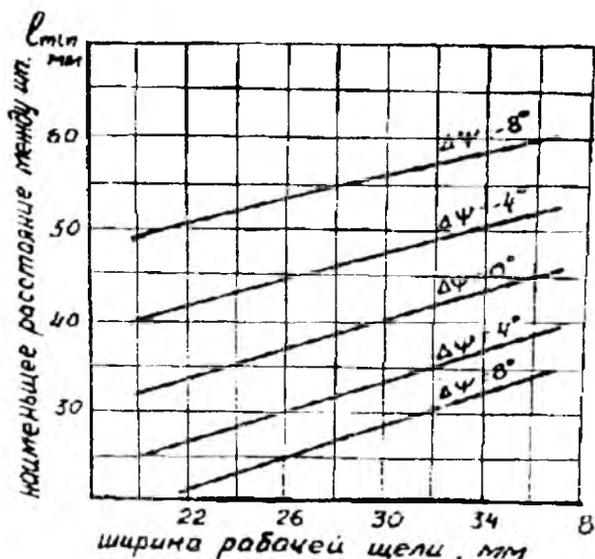


Рис 2.8. Зависимости наименьшего расстояния между шпинделями  $L_{\min}$  от ширины РЩ  $B$  при наличии нарушения шахматности шпинделей  $\Delta\psi$

При известном среднем количестве нераскрывшихся коробочек на метр длины рядка  $n_{\text{зк}}$  относительная величина допуска сбивания нераскрывшихся коробочек

$$[\alpha_c] = \frac{[n_{\text{зк}}]}{n_{\text{зк}}}, \quad (2.7)$$

где  $[n_{\text{зк}}]$  - количество допускаемых по АТТ сбиваемых зеленых коробочек.

Если принять, что сбиваются наиболее крупные зеленые коробочки, то для определения величины  $[\alpha_c]$  необходимо знать среднее количество зеленых коробочек на метр длины рядка и плотность распределения диаметров зеленых коробочек данного сорта хлопчатника.

Среднее количество зеленых коробочек на одном метре длины рядка определяется по следующей формуле:

$$\bar{n}_{ак} = \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) \frac{10 Y_{об} H}{q}, \quad (2.8)$$

где  $H$  - ширина междурядья хлопчатника, м;

$\eta$  - степень раскрытия коробочек, %;

$q$  - средняя масса хлопка-сырца одной коробочки, составляющая 3...7г, в зависимости от сорта хлопчатника;

$Y_{об}$  - общая урожайность участка, ц/га

$$Y_{об} = \frac{N_{кус} \bar{n}_{кор} \bar{q}}{100000},$$

где  $N_{кус}$  - густота стояния кустов, шт/га;

$\bar{n}_{кор}$  - среднее количество коробочек на одном кусте,

шт.

При  $H=0,9$  м и  $[\bar{n}_{ак}] = 0,3$  шт/пог.м из (2.7) и (2.8) следует:

$$\alpha_c = \frac{3,33 \bar{q}}{(100 - \eta) Y_{об}}, \quad (2.9)$$

Примем, что сбиваются наиболее крупные коробочки при защемлении их между шпинделями смежных барабанов на величину  $\delta$ . Тогда величина  $\alpha_c$  определяется плотностью распределения диаметров зеленых коробочек и расстоянием между ближними шпинделями смежных барабанов. Исходя из рис.2.9а, при отсутствии нарушения шахматного расположения шпинделей смежных барабанов ( $\Delta y \neq 0$ ) минимальное состояние между ближними шпинделями, когда они проходят мимо зеленой коробочки, может быть от  $L_{\min}$  до  $L_0$ . Функция распределения расстояния  $L$ , рассчитанная по выражению

$$F_w(L) = P\{\xi_L < L\}, \quad (2.10)$$

приведена на рис. 2.9б. Если уменьшить значение  $L$  на величину  $b_3$ , то мы получим максимальный диаметр зеленой

коробочки, которая может пройти через данную щель. Например,

$$\begin{cases} d_{\text{зко}} = L_{\text{с}} - \delta_{\text{з}} \\ d_{\text{зк min}} = L_{\text{min}} - \delta_{\text{з}} \end{cases} \quad (2.11)$$

от выражения (2.11) можно перейти к выражению функции вероятности сбивания коробочек различных диаметров (рис.2.9 в)

$$F_{\text{зк}}(d_{\text{зк}}) = P\{\xi_d < d_{\text{зк}}\} \quad (2.12)$$

Доля коробочек, сбитых при работе машины, определяется выражением:

$$\alpha_c = \int_{d_{\text{зк min}}}^{d_{\text{зко}}} F_{\text{зк}}(d_{\text{зк}}) f_{\text{зк}}(d_{\text{зк}}) dd_{\text{зк}} \quad (2.13)$$

где  $f_{\text{зк}}(d_{\text{зк}})$  - плотность распределения диаметров зеленой коробочки.

Величина  $\alpha_c$  характеризуется заштрихованной площадью на рис. 2.9 в.

Как показывают экспериментальные исследования [6], закон распределения зеленых коробочек можно принять нормальным, т. е.

$$f_{\text{зк}}(d_{\text{зк}}) = \frac{1}{b\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_{\text{зк}} - \bar{d}_{\text{зк}})^2}{2b^2}} \quad (2.14)$$

Вероятность сбивания зеленых коробочек  $F_{\text{зк}}(d_{\text{зк}})$  в диапазоне от  $d_{\text{зк min}}$  до  $d_{\text{зко}}$  можно принять изменяющейся линейно (см. рис 2.9, з):

$$F_{\text{зк}} = \begin{cases} 0, & \text{при } d_{\text{зк}} < d_{\text{зк min}} \\ \frac{d_{\text{зк}} - d_{\text{зк min}}}{\Delta d_{\text{зк}}}, & \text{при } d_{\text{зк min}} \leq d_{\text{зк}} \leq d_{\text{зко}} \\ 1, & \text{при } d_{\text{зк}} > d_{\text{зко}} \end{cases} \quad (2.15)$$

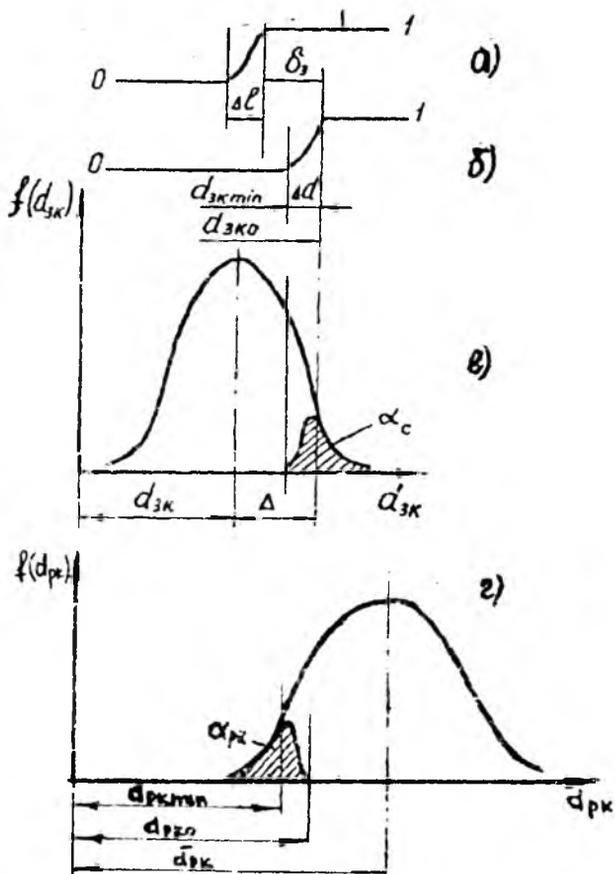


Рис.2.9. К обоснованию рациональной ширины РЩ

Подставляя в (2.13) значения (2.14) и (2.15), получим выражение для  $\alpha_c$ :

$$\alpha_c = I_1 + I_2 \quad (2.16)$$

где

$$I_1 = \int_{d_{zk\min}}^{d_{zk0}} \frac{d_{zk} - d_{zk\min}}{\Delta d_{zk} \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_{zk} - d_{zk0})^2}{2\sigma^2}} dd_{zk} \quad (2.17)$$

$$I_2 = \int_{d_{\text{кр}}}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_u - d_{\text{кр}})^2}{2\sigma^2}} dd_{\text{кр}} \quad (2.18)$$

Интегралы  $I_1$  и  $I_2$  не вычисляются элементарными способами. Поэтому приведём их к более удобному виду для численного решения на ЭВМ. Произведём замену переменных

$$\text{Тогда} \quad t = \frac{d_u - \bar{d}_{\text{кр}}}{\sigma} \quad (2.19)$$

$$\Delta t = \frac{\Delta d_{\text{кр}}}{\sigma} \quad (2.20)$$

$$t_c = \frac{d_{\text{кр}} - \bar{d}_{\text{кр}}}{\sigma};$$

$$t_{\text{min}} = \frac{d_{\text{кр min}} - \bar{d}_{\text{кр}}}{\sigma};$$

$$dt = \frac{dd_{\text{кр}}}{\sigma} \quad (2.21)$$

С учетом преобразований (2.20 и 2.21) доля сбитых корбочек подсчитывается по выражению:

$$\alpha_c = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_{\text{min}}}^{t_c} \frac{t - t_{\text{min}}}{\Delta t} e^{-t^2/2} dt + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_c}^4 e^{-t^2/2} dt \quad (2.22)$$

В выражении (2.22) верхний предел второго интеграла принять 4 вместо бесконечности, т.к. отброшенная часть площади очень мала ( $6 \cdot 10^{-5} \%$ ) и не влияет на точность вычислений.

В табл.2.3 представлены результаты вычислений на ЭВМ значений  $\alpha_c$ . В последней строке этой таблицы указана максимальная погрешность вычислений  $\alpha_c$ , которая задавалась в программе вычислений.

Если из выражений (2.7) или (2.8) известно максимально допустимое  $\alpha_c$ , то по табл. 2.3 при известных  $\sigma$  и  $\bar{d}_{\text{ж}}$  можно определить величину  $t_0$ , а по ней и выражению (2.21), определить  $d_{\text{жко}}$ . От  $d_{\text{жко}}$  по (2.10) перейдём к величине  $L_0$  и  $L_{\text{мин}}$ , от них по формуле (2.6) к минимальной допустимой, по условию сбивания зелёных коробочек, ширине РЦ В.

Таблица 2.3

Результаты вычислений доли сбитых коробочек  $\alpha_c$

$\sigma$ , мм	$N$	$t_0$					
		2,6	2,3	1,96	1,64	1,28	0,53
2	0,90	0,019	0,036	0,072	0,125	0,211	0,469
2,5	0,72	0,014	0,029	0,058	0,105	0,184	0,434
3	0,60	0,012	0,024	0,051	0,093	0,167	0,410
3,5	0,51	0,010	0,021	0,046	0,085	0,155	0,393
4	0,45	0,009	0,020	0,042	0,080	0,148	0,381
4,5	0,40	0,008	0,018	0,040	0,076	0,142	0,371
5	0,36	0,008	0,017	0,038	0,073	0,137	0,364
5,5	0,33	0,008	0,016	0,007	0,071	0,133	0,358
6	0,30	0,007	0,016	0,036	0,069	0,130	0,352
Точность вычислений		0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,006	0,01

Данный ход определения минимально-допустимой ширины РЦ реализован в номограмме, приведенной в [5,14,11]. По номограмме можно также определить ширину РЦ аппарата для сбора тонковолокнистого хлопка, оснащённой «толстым» шпинделем диаметром 30 мм. В этом случае  $V=29$  мм.

Для удобства практического пользования по номограмме составлена таблица для выбора рациональной ширины щели при сборе урожая некоторых районированных сортов хлопчатника (табл. 2.4).

Таким образом, получены аналитические выражения, связывающие минимально-допустимую ширину РЦ с

характеристиками агрофона поля: урожайность ( $Y_{об}$ ), математическое ожидание массы хлопка-сырца в одной коробочке ( $q$ ), степени раскрытия коробочек ( $\eta$ ), математическое ожидание ( $\bar{d}_{эк}$ ) и среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) диаметра зелёной коробочки, а также диаметра шпинделя ( $d_{шп}$ ).

- для аппаратов со шпинделем  $d_{шп}=30$  мм указанные в таблице значения необходимо увеличить на 1 мм.

Вышеизложенная методика выбора рациональной ширины РЩ, основанная в расчете вероятности сбивания зеленых коробочек, не приемлема для случаев, когда на кустах мало или вообще нет зеленых коробочек, т. е. при степени раскрытия коробочек  $\eta \geq 90^\circ$ , а также на втором и последующих сборах. В известных работах по выбору ширины РЩ по диаметру раскрывшиеся коробочек не учтены статистические характеристики последней.

Учитывая вышеизложенные, необходимо внести в значение РЩ вторых пар барабанов аппарата при сборе различных сортов хлопчатника при большей раскрытии коробочек и на втором и последующем машинных сборах.

Для большей вероятности захватывания шпинделями хлопка из коробочки необходимо, чтобы она касалась одновременно поверхности трех шпинделей смежных барабанов при их шахматном расположении. Такое предположение, выдвинутое акад. М.В.Сабликовым [12], взято за основу в большинстве исследований по выбору РЩ УА.

Однако, как показали исследования процесса взаимодействия хлопковой коробочки со шпинделем, проведенные нами с применением скоростной киносъемки, такое взаиморасположение шпинделей и коробочки в РЩ маловероятно, чаще всего коробочка прижимается между двумя шпинделями смежных барабанов. Для обеспечения гарантированного захватывания зубьями шпинделей хлопка из коробочек одного только взаимного их касания

недостаточно. Коробочка должна прижиматься к шпинделю с усилием в пределах 0,4...0,6 Н [14]. Такое усилие возможно при деформации коробочки в наиболее узкой части рабочей камеры - в так называемой «прочесывающей щели», т.е. в зазоре  $L_{\min} \dots L_0$  между наиболее близкими шпинделями противостоящих барабанов.

Таблица 2.4

Рациональные величины РЩ УА ХУМ в зависимости от характеристик агрофона поля

Урожайность $Y_{об}$ , ц/га	Степень раскрытия коробочек $\eta$ , %	Сорт хлопчатника и его характеристики		
		Наманган-77 $\bar{q}=6,4$ г $\bar{d}_{зк}=33,5$ мм $\sigma=6,9$ мм $\bar{d}_{рк}=62,0$ мм $\sigma_{рк}=8,16$ мм	Навбахор-2 $\bar{q}=6,2$ г $\bar{d}_{зк}=33$ мм $\sigma=4,2$ мм $\bar{d}_{рк}=57,5$ мм $\sigma_{рк}=6,05$ мм	Сурхон-9 $\bar{q}=3,6$ г $\bar{d}_{зк}=28,5$ мм $\sigma=5,6$ мм $\bar{d}_{рк}=43,8$ мм $\sigma_{рк}=5,22$ мм
50	55	36-32	34-30	32-29
	75	34-30	33-29	32-28
	85	33-29	31-27	30-26
	100	31-28	31-27	29-25
40	55	34-30	33-29	32-28
	75	32-28	32-28	30-26
	85	32-28	31-27	30-26
	100	31-27	30-26	28-24
30	55	33-29	32-28	31-27
	75	31-27	31-27	30-26
	85	31-27	31-27	30-26
	100	30-26	29-25	27-23
20	55	31-27	31-27	30-26
	75	30-26	30-26	29-25
	85	29-26	30-26	28-25
	100	28-25	28-24	26-22

Примечание: - первые цифры величины ширины РЩ передних пар барабанов, вторые – задних;

Исследованиями зависимости между силой сжатия хлопковой дольки и её деформацией установлено, что сжатие хлопка-сырца в коробочке с силой 0,4...0,6 Н вызывает деформацию последней на величину в среднем,  $0,3d_{pk}$ , где  $d_{pk}$  - диаметр раскрывшейся коробочки. Результаты исследования процесса захвата [4.5]. в частности, влияния глубины внедрения петли траектория движения вершины зуба шпинделя в тело коробочки на площадь захвата также подтверждают выше сказанное. Если взять за расчетный диаметр раскрывшейся коробочки его среднее значение  $\bar{d}_{pk}$  и выбрать ширину РЩ по зависимости  $L_{min}=f(B)$  при условии  $L_{min}=0,7\bar{d}_{pk}$ , то получится так, что 50% раскрывшихся коробочек не защемляются до необходимой величины. Согласно АТТ [49] полнота сбора хлопка-сырца в бункер ХУМ должна быть не менее 90% раскрывшейся части урожая, при этом допускается сбивание на землю в процессе сбора не более 4% хлопка-сырца, т.е. следует оставлять на кустах 6% раскрывшиеся части урожая. Хотя по новым стандартам [71]. в т.ч. и на полунавесную ХУМ МХ-1,8 [72], указанные требования смягчены (полнота сбора не менее 85% и сбивание на землю не более 8%). для перспективных (самоходных или навесных, оснащенных современными САК и У) машин, при технологическом обосновании параметров систем автоматики целесообразно ориентироваться на более высокие АТП, т.е. на ГОСТ 22587-85 [49].

Имея в виду функциональную зависимость урожайности от количества хлопковых коробочек, можно принять, что для гарантированного захвата шпинделем дольки хлопка 94% раскрывшиеся коробочек должны защемляться величиной не менее 30% по диаметру при прохождении щели  $L_{min}...L_0$ . Для выбора ширины РЩ по этому критерию воспользуемся той же методикой, что и при выборе щели по диаметру зеленой коробочки. При этом относительная величина допуска количества не защемяемых в РЩ раскрывшихся коробочек определяется из выражения:

$$[\alpha_{pk}] = \frac{[n_{pk}]}{n_{pk}} = 0,06, \quad (2.23)$$

где  $[n_{pk}]$  - допустимое количество не защемляемых до достаточной для захвата хлопка величины раскрывшихся коробочек на кусте;

$n_{pk}$  - общее количество раскрывшихся коробочек на кусте.

Доля раскрывшихся коробочек  $\alpha_{pk}$  недостаточно защемляемые при проходе щели  $L_{\min} \dots L_0$ , и поэтому из которых не гарантирован захват хлопка-сырца характеризуется заштрихованной площадью на рис. 2.9 в и рассчитывается по выражению

$$\alpha_{pk} = \delta_1 + \delta_2 = \int_0^{d_{pk \min}} \frac{1}{\sigma_{pk} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_{pk} - \bar{d}_{pk})^2}{2\sigma_{pk}^2}} dd_{pk} + \int_{d_{pk \min}}^{d_{pk \max}} \frac{d_{pk} - d_{pk}}{\sigma_{pk} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_{pk} - \bar{d}_{pk})^2}{2\sigma_{pk}^2}} dd_{pk} \quad \dots (2.24)$$

где  $\delta_1$  - плотность распределение диаметров раскрывшихся коробочек;

$\delta_2$  - вероятность не защемления раскрывшихся коробочек с диаметрами от  $d_{pk \min}$  до  $d_{pk}$ ;

$\sigma_{pk}$  - среднеквадратическое отклонение диаметров раскрывшихся коробочек, мм;

$\bar{d}_{pk}$  - математическое ожидание диаметров раскрывшихся коробочек, мм.

Для вычисления  $\alpha_{pk}$  воспользуемся тем же алгоритмом что и при расчете  $\alpha_c$ . Результаты вычислений

$$t_{\min} = -\frac{\bar{d}_{pk} - d_{pk \min}}{\sigma_{pk}} \quad (2.25)$$

$$t_0 = -\frac{\bar{d}_{pk} - d_{pk \min}}{\sigma_{pk}}$$

$$\Delta t = -\frac{d_{pk} - d_{pk \min}}{\sigma_{pk}} = \frac{\Delta d_{pk}}{\sigma_{pk}} \quad (2.26)$$

и интегралов  $\delta_1$  и  $\delta_2$  при заданных  $\bar{d}_{pk}$  и для  $[\alpha_{pk}] \approx 0,06$ , а также соответствующей ей ширина РЦ В приведены в табл.2.5

Таблица 2.5  
 Результаты вычислений доли раскрывшихся коробочек  $\alpha_{pk} = [\alpha_{pk}]$ , не защемляемой в щели до величины  $0,7\bar{d}_{pk}$

$\sigma_{pk}$	$\Delta t$	$t_0$	$t_{min}$	$\bar{d}_{pk}$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\alpha_{pk}$	$B$
4,75	0,38	-1,42	-1,80	45	0,1053	0,0469	0,0607	18,6
5,00	0,36	-1,39	-1,75	47	0,1003	0,0479	0,0591	19,3
5,25	0,34	-1,39	-1,73	49	0,1040	0,0465	0,0600	20,7
5,75	0,31	-1,45	-1,76	51	0,1040	0,0382	0,0607	21,6
6,25	0,29	-1,42	-1,71	53	0,1097	0,0384	0,0591	21,9
7,50	0,24	-1,48	-1,72	55	0,1257	0,0235	0,0593	22,7
7,75	0,23	-1,48	-1,71	57	0,1271	0,0226	0,0597	22,9
8,00	0,22	-1,48	-1,71	59	0,1291	0,0217	0,0601	23,5
8,25	0,22	-1,48	-1,70	61	0,1310	0,0208	0,0605	24,9
8,50	0,21	-1,45	-1,66	63	0,1209	0,0277	0,0593	26,4

По данным табл. 2.5 значения при известных  $\sigma_{pk}$  и  $\bar{d}_{pk}$  определенного сорта хлопчатника, по выражению (2.25) рассчитываются  $d_{pkmin}$  и  $L_{min}=0,7d_{pkmin}$ , затем при использовании графика зависимостей  $L_{min}=f(B)$  - определяется значение ширины  $B$  РЦ УА, обеспечивающее 90% полноту съема хлопка-сырца из коробочек. Данный алгоритм реализован на ПЭВМ программой «Rab.chel». Полученные расчетами значения  $B$  ширины РЦ для вторых пар шпиндельных барабанов приведены в соответствующей графе для степени раскрытия коробочек 95...100% в табл. 2.4.

По данной методике ширина РЦ не зависит от урожайности куста, так как  $\alpha_{pk}$  относительная величина, но как показывают многочисленные полевые опыты и расчеты минимально-допустимой ширины РЦ, влияние размеров куста, общего количества коробочек на нем и соответственно

его урожайности на ширину щели очевидно. Исходя из этого, полученные расчетами значения ширины РЩ для степени раскрытия коробочек 95...100%, второго и последующих сборов хлопка, соответствуют участку поля с минимальной, указанной в табл.2.5, урожайности до 20 ц/га. Для других участков значения ширины щели увеличены на 1 мм при повышении урожайности на каждые 10 ц/га с целью обеспечения прохождения кустовой массы через щель без повреждений элементов куста и сбивания нераскрывшиеся коробочек. Такое изменение расчетных значений является вполне оправданным с учетом тенденции увеличения ширины щели при повышении урожайности участка, полученной по расчетам по номограмме[5,14] и приведенным в табл.2.5.

*Выбор параметров, из числа внешних характеристик кустов хлопчатника, для управления РЩ в процессе сбора.* С целью поддержания оптимальной ширины РЩ в процессе работы машины в зависимости от изменения характеристик агрофона поля, т.е. управления шириной РЩ непосредственно во время сбора, необходимо выделить одну из характеристик куста хлопчатника, функционально связанной с шириной РЩ, которая могла бы служить входным параметром для ее управления. Таким параметром является, как было установлено выше, средний диаметр раскрывшейся хлопковой коробочки, который связан определенной зависимостью с шириной РЩ. Однако его измерение в процессе работы ХУМ вызывает затруднения. Для выявления других, более удобных для измерения параметров, исследованы взаимосвязи между характеристиками куста хлопчатника - шириной и высотой куста, урожайностью, средними диаметрами раскрывшихся и зеленых коробочек.

Исследования проводились на средневолокнистом сорте хлопчатнике «Ташкент-1» и на тонковолокнистом С-6037. Полученные данные пределов изменений размерных характеристик кустов(ширина и высота) были разделены на 6 групп по ширине с интервалом 10 см (до 10 см, 10...20 см,...., 50...60 см). По каждой группе производились измерения размеров не менее 50 кустов, а также определились

количество и диаметры раскрывшихся и зеленых коробочек на кусте. Результаты измерений в виде корреляционных таблиц [26...28] обрабатывались на ЭВМ с использованием стандартной программы, по которой одновременно определялись для двух размерных характеристик кустов и коробочек следующие статистические характеристики:

- распределение статистических вероятностей каждой величины;

- коэффициент корреляции между исследуемыми величинами и его среднеквадратическая ошибка;

- линейные уравнения регрессии и их среднеквадратические ошибки.

Уравнение регрессии общего количества коробочек  $n_k$  по ширине куста ( $B_k$ ) имеет вид (для сорта «Ташкент-1»)

$$n_k = 0,19B_k + 0,94$$

График этого уравнения (рис.2.10) и величина коэффициента корреляции ( $r=0,75$ ) свидетельствует о наличии корреляционной связи между исследованными характеристиками. Обнаружена довольно высокая степень корреляции ( $r=0,78$ ) между высотой  $H_k$  куста и его шириной  $B_k$  (рис.2.11), описываемая уравнением

$$H_k = 1,21B_k + 29,78$$

Взаимосвязь между шириной куста  $B_k$  и диаметром раскрытой коробочки  $d_{pk}$  (рис.2.12) описывается уравнением регрессии вида

$$d_{pk} = 0,18B_k + 41,68$$

При исследовании тонковолокнистого сорта С-6037 обнаружена высокая степень корреляции ( $r=0,84$ ) между количеством коробочек на кусте и её высотой:

$$n_k = 0,13 H_k - 1,8,$$

а также, между количеством зеленых коробочек и  $H_k$  ( $r=0,89$ ).

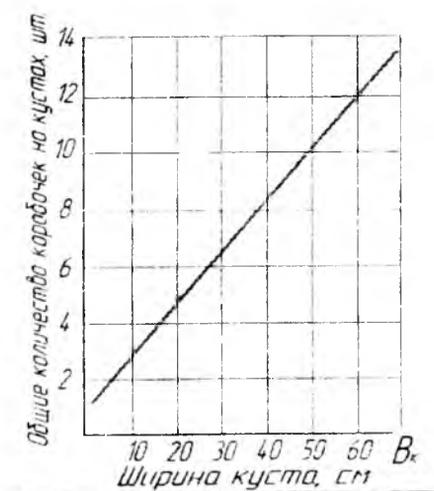


Рис. 2.10. График регрессионной зависимости общего количества коробочек  $n_k$  на кусте от его ширины  $B_k$ .

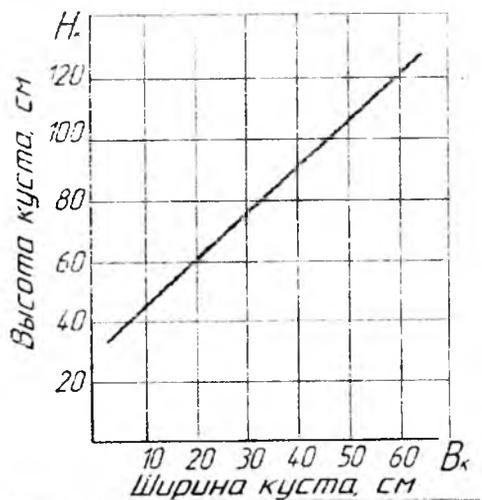


Рис. 2.11. График регрессионной зависимости высоты куста  $H_k$  от его ширины  $B_k$ .

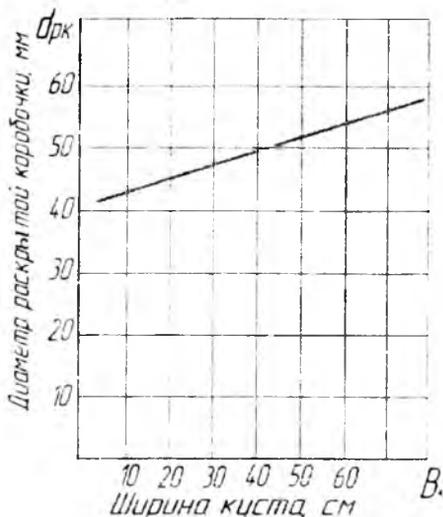


Рис.2.12. График регрессионной зависимости диаметра раскрытой коробочки  $d_{рж}$  от ширины куста  $B_k$

В табл.2.6 и 2.7 приведены коэффициенты корреляции взаимосвязей характеристик хлопчатника сортов С-6037 и "Ташкент-1" соответственно.

Таблица 2.6  
Значения коэффициентов корреляции взаимосвязей характеристик хлопчатника тонковолокнистого сорта С-6037

№	Взаимосвязи	Коэф-т коррел.
1	Ширина и высота куста	0,32
2	Высота куста и общее кол-во коробочек на кусте	0,34
3	Высота куста и кол-во зеленых коробочек на кусте	0,89
4	Высота куста и кол-во раскрытых коробочек на куста	0,23
5	Высота куста и диаметр зеленых коробочек	0,01
6	Высота куста и степень раскрытия коробочек куста	0,19

Таблица 2.7

Значения коэффициентов корреляции взаимосвязей размерных характеристик хлопчатника средневолокнистого сорта "Ташкент-1"

№	Взаимосвязи	Кэф-т коррел.
1	Ширина и высота куста	0,78
2	Ширина куста и общее кол-во коробочек на кусте	0,75
3	Ширина куста и диаметр раскрытых коробочек на кусте	0,53
4	Ширина куста и количество раскрытых коробочек на кусте	0,74
5	Ширина куста и диаметр зеленых коробочек	0,17
6	Ширина куста и степень раскрытия коробочек на кусте	0,14
7	Диаметр зеленых коробочек и общее кол-во коробочек	0,22
8	Диаметр раскрытых коробочек и общее кол-во коробочек	0,26

Таким образом, наличие корреляции между размерами куста и его урожайностью позволяет входным параметрам для управления РЦ принять размеры (ширину или высоту) куста, как более удобной, с инженерной точки зрения, для измерения в процессе движения машины. При этом, исходя из результатов исследований, приведенных в п.2.2, алгоритм управления устанавливается с учетом степени раскрытия коробочек. Полученные результаты дают возможность косвенной оценки параметров агрофона, нераспознаваемых первичными преобразователями разрабатываемых автоматизированных компьютерных систем оценки и показателей качества работы ХУМ.

### ***2.3. Технологические параметры для систем контроля высоты уборочного аппарата над поверхностью грядки и потерь урожая за хлопкоуборочной машины***

#### ***2.3.1. Обоснование минимально-допустимой высоты расположения уборочного аппарата над поверхностью грядки***

Агротехнические показатели ХУМ в значительной степени зависят от качества сбора хлопка-сырца с нижних коробочек. Поэтому, как было указано выше в п.1.1, в общих технических требованиях к ХУМ [49] оговорено, что разрабатываемые универсальные двухрядные и четырехрядные машины должны быть оснащены устройствами гидрокопировки рельефа гребней грядок по высоте. Здесь же указано «нижние коробочки должны находиться выше вершины грядок не менее чем на 80 мм». Шпинделя VIII ХУМ не могут собирать коробочки, расположенные ниже 80 мм. Ранее серийно выпущенное гидро копирующее устройство УА ХУМ ХН-3,6 и ХН-3,6-01 рабстали не удовлетворительно. Одна из основных причин некачественного копирования и низкой надежности работы – недостаточная обоснованность выбранных параметров копирующего устройства, а также сложность гидромеханической САР с массивным дисковым копиром.

Высоту расположения нижней коробочки можно принять одним из критериев приспособленности биологического сорта хлопчатника к машинной уборке и основным настроечным параметром для САР или САК высоты УА - минимально-допустимая высота расположения УА над поверхностью грядки, учитывающая статистические характеристики высоты расположения нижних коробочек.

Исследования, проведенные на кафедре «Наземные транспортные системы (СХМ и тракторы)» ТашГТУ, показали, что высота расположения нижних коробочек относительно вершины грядок подчиняется логарифмически

нормальному закону распределения с плотностью распределения

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln x - m)^2}{2\sigma^2}\right\} \\ 0, x \leq 0; x > 0 \end{cases} \quad (2.27)$$

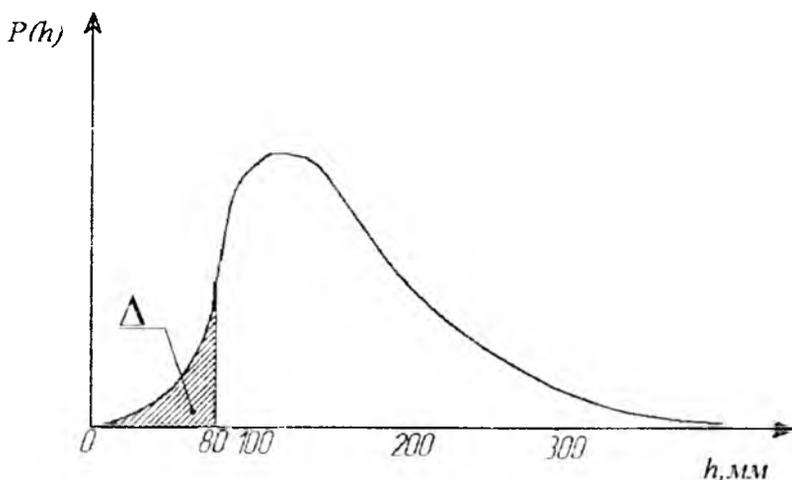
Для оценки сорта по этому критерию производится измерение высоты расположения нижних коробочек не менее 100 повторностей, т.е. составляется статистический ряд. Определяются числовые характеристики математического ожидания  $m$  (среднее значение расстояния от вершины грядки до нижней коробочки), среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ . Проверяется согласованность распределений статистического и теоретического (логарифмически нормального) распределения. Если экспериментальные данные не противоречат теоретическому распределению, то можно переходить к определению, какая часть  $\Delta$  нижних коробочек находится ниже 80 мм от вершины грядки (заштрихованная часть рис.2.13).

$$\Delta = \int_0^{80} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln x - m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2.28)$$

Для определения необработываемой шпинделями части  $\Delta$  хлопковых коробочек производится интегрирование выражения (2.28) численным методом.

Определенная таким образом величина  $\Delta$  есть величина части коробочек от общего количества нижних коробочек  $N=1$ .

$$N = \int_0^{\infty} \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\ln x - m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2.29)$$



*Рис. 2.13. Плотность распределения высоты расположения нижних коробочек*

При известных статистических характеристиках высоты расположения нижних коробочек районированных и перспективных сортов хлопчатника расчетами по вышеизложенной методике можно определить величину настроечного параметра для САР или САК высоты УА - минимально-допустимую для данного сорта высоту расположения УА над поверхностью грядки.

### *2.3.2. Обоснование величины допустимых по агротехническим требованиям потерь урожая за хлопкоуборочной машиной с учетом характеристик агрофона*

Как было отмечено в п.1.3, рабочий процесс ХУМ протекает в сложных условиях - на качество работы машины влияют многочисленные факторы, такие как состояние агрофона поля, технологические параметры и техническое состояние рабочих органов уборочного аппарата и машины в целом, квалификация механика-водителя и др. В

хозяйственных условиях, вследствие различных причин (технические и технологические отказы-забои приёмных камер, пробуксовка щеточных съёмников, обрыв ремней приводов, зазеленение – снижение активности шпинделей, их частоты вращения, резкое изменение агрофона, неправильный выбор технологических регулировок, погрешности вождения по рядкам и др.) возможно резкое повышение потерь урожая, которые зачастую механик-водитель своевременно не может обнаружить, так как в современных ХУМ визуальный контроль механиком-водителем обработанных УА кустов хлопчатника и поверхности грядок фактически невозможен из-за расположения УА за его кабиной. Поэтому целесообразность оснащения ХУМ системой автоматического измерения и контроля количества потерь урожая за УА не вызывает сомнений. Подобные системы давно внедрены в современных зарубежных серийных зерноуборочных комбайнах [53,54].

Результатами исследований [30,39,43] установлено, что основная часть потерь урожая в виде несобранного, оставленного в коробочках и кустах и сбитого на землю хлопка-сырца в ВШ ХУМ сосредотачивается в нижней части кустов до высоты 150 мм (36% из всего оставленного на кустах) и на поверхности грядки по обе стороны кустов на расстоянии  $\pm 150$  мм (54,4% всей сбитой на землю части урожая). Создаваемая система должна постоянно контролировать указанные участки грядки и кустов хлопчатника и оценивать количественно хлопок-сырец, находящийся на них после прохода ХУМ и сравнивать полученную информацию с допустимым по АТТ [8] значением. В случае превышения фактического количества допуска потерь система должна информировать механика-водителя соответствующим сигналом.

Разработаны функциональная и структурная схемы указанной системы(см.п.5). Несомненно, основным и наиболее сложным элементом системы является первичный преобразователь (ПП), который должен воспринимать и преобразовывать информацию о количестве несобранного и

сбитой на землю части урожая в пропорциональный электрический сигнал. В этом направлении ведутся НИИ, в т.ч. по созданию компьютерных программ с целью распознаванию остатков урожая за УА по их цифровым изображениям [78,79]. Возможным вариантом предусматривается разработанная в ТашГТУ система технического зрения (СТЗ) по А.С. №1301345 [48]. Принцип работы СТЗ заключается в следующем. В зависимости от степени белизны объекта контроля, т. е. участка грядки хлопкового поля, сканируемого объективом СТЗ, отраженные солнечные лучи от хлопка-сырца попадают на объектив, далее воспринимаются и преобразуются электронно-оптическим преобразователем в оптическое изображение. Интенсивность оптических сигналов соответствует степени белизны участка грядки хлопкового поля.

Для преобразования полученных сигналов, пропорциональных площади хлопка-сырца, находящегося на контролируемом участке в его массовую величину, необходимо проведение полевых исследований параметров расположения, размерных и объемно-массовых характеристик сбитых на землю и оставленных в нижней части кустов хлопка-сырца по выявлению взаимосвязей между его размерными и массовыми характеристиками.

Здесь, так же как в п.2.2. будем основывать АТТ по ГОСТ 22587-85 [49], т.е. допуск на сбивание на землю хлопка-сырца в процессе сбора не более 4%, при этом допускается оставлять на кустах 6% раскрывшейся части урожая. С учетом вышеупомянутой закономерности распределения потерь урожая за УА [30,43] и того, что, разрабатываемый ПП будет сканировать поверхность грядки шириной 0,5Н, где Н-ширина междурядья, м и нижняя часть кустов на высоте не более 150 мм, то последнюю цифру 6% следует уменьшить до 2%. Значит, датчик потерь должен реагировать на суммарное количество - 6% от раскрывшейся части урожая.

Согласно АТТ [8], машинный сбор производится на специально подготовленных полях со следующими характеристиками: ширина междурядья Н (возможные значения-

0,6; 0,7; 0,9м), общая урожайность  $Y_{об}$  (20...50 ц/га или 2000...5000кг/га), степень раскрытия коробочек  $\eta$  (60...90% или 0,6...0,9).

Таблица 2.8

Значения  $\Pi_{доп}$  допустимых потерь хлопка-сырца на 1 м длины рядка

$Y_{об}$ , ц/га	H=0,6 м		H=0,7 м		H=0,9 м	
	$\eta=60\%$	$\eta=90\%$	$\eta=60\%$	$\eta=90\%$	$\eta=60\%$	$\eta=90\%$
20	0,00504	0,00756	0,00588	0,00882	0,00756	0,01134
25	0,0063	0,00945	0,00735	0,011025	0,00945	0,014175
30	0,00756	0,01134	0,00882	0,01323	0,01134	0,01701
35	0,00882	0,01323	0,01029	0,015435	0,01323	0,019845
40	0,01008	0,01512	0,01176	0,01764	0,01512	0,02268
45	0,01134	0,01701	0,01323	0,019845	0,01701	0,025515
50	0,0126	0,0189	0,0147	0,02205	0,0189	0,02835

При заданных характеристиках хлопкового поля допустимые потери хлопка-сырца в виде оставленных на гребне грядки под кустами на высоте не более 150 мм и на поверхности грядки шириной  $0,5H$  на 1 м длины рядка определяется из следующего выражения:

$$\Pi_{доп} = 0,06 Y_{об} \eta / L_{ра}, \text{ кг/н.м} \quad (2.30)$$

где  $L_{ра}$  - длина рядков растений на одном га, м

$$L_{ра} = 100 \frac{100}{H};$$

В табл.2.8 приведены рассчитанные по выражению (2.30) значения  $\Pi_{доп}$  допустимых потерь хлопка-сырца на 1 м длины рядка с шириной  $0,5H$ , которые будут исходными настресчными параметрами для САК потерь урожая за УА.

## 2.4. Моделирование движения и условия качения направляющих колес полунавесной хлопкоуборочной машины МХ-1,8

Производимая на ОАО «ТТЗ» двухрядная ВШ ХУМ МХ-1,8, как было указано выше, агрегатируется с трактором ТТЗ-80.11 полунавесным способом. Агрегат выполнен по четырехколесной схеме с двумя задними направляющими колесами, переднее направляющее колесо трактора демонтировано [7]. Такая нетрадиционная компоновка МТА недостаточна изучена, с точки зрения колебаний ее составляющих, особенно задних направляющих колес, а также определяющие параметры управляемости и устойчивости движения агрегата.

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рис.2.14, составляем математическую модель колебаний ХУМ МХ-1,8 в процессе передвижения по неровностям на разворотной полосе хлопкового поля в форме уравнений Лагранжа второго рода [68]:

- для продольных:

$$\left. \begin{aligned} m_w \ddot{x}_w &= F_x - b_1(\dot{x}_w - \dot{x}_1) - c_1(x_w - x_1) - b_2(\dot{x}_w - \dot{x}_2) - c_2(x_w - x_2) \\ (m_1 + m_3) \ddot{x}_1 &= b_1(\dot{x}_w - \dot{x}_1) + c_1(x_w - x_1) + (m_1 + m_3) \frac{4\pi^2 V_w^2}{l_n^2} r_1 \sin \frac{2\pi V_w}{l_n} t \\ (m_2 - m_3) \ddot{x}_2 &= b_2(\dot{x}_w - \dot{x}_2) + c_2(x_w - x_2) + (m_2 - m_3) \frac{4\pi^2 V_w^2}{l_n^2} r_2 \sin \frac{2\pi V_w}{l_n} t \end{aligned} \right\} (2.31)$$

- для вертикальных:

$$\left. \begin{aligned} m_w \ddot{y}_w &= F_y - b_1(\dot{y}_w - \dot{y}_1) - c_1(y_w - y_1) - b_2(\dot{y}_w - \dot{y}_2) - c_2(y_w - y_2) \\ (m_1 + m_3) \ddot{y}_1 &= b_1(\dot{y}_w - \dot{y}_1) + c_1(y_w - y_1) - (m_1 + m_3) \frac{4\pi^2 V_w^2}{l_n^2} r_1 \cos \frac{2\pi V_w}{l_n} t \\ (m_2 - m_3) \ddot{y}_2 &= b_2(\dot{y}_w - \dot{y}_2) + c_2(y_w - y_2) - (m_2 - m_3) \frac{4\pi^2 V_w^2}{l_n^2} r_2 \cos \frac{2\pi V_w}{l_n} t \end{aligned} \right\} (2.32)$$

где  $b_i, c_i$  – коэффициенты вязкого сопротивления и жесткости шин колес;  $m_i$  – распределенная масса по опорам машины;  $r_1, r_2$  – динамические радиусы ведущего и ведомого колес;  $V_m$  – скорость движения машины;  $l_1, l_2$  и  $l_n$  – расстояния между опорами и гребнями неровностей.

Системы (2.31), (2.32) решены с применением численных методов Рунге-Кутты при начальном условии  $t=0$ , и в результате получены зависимости скоростей, ускорений и силы направляющих колес, приведенные на рис.2.15 и 2.16.

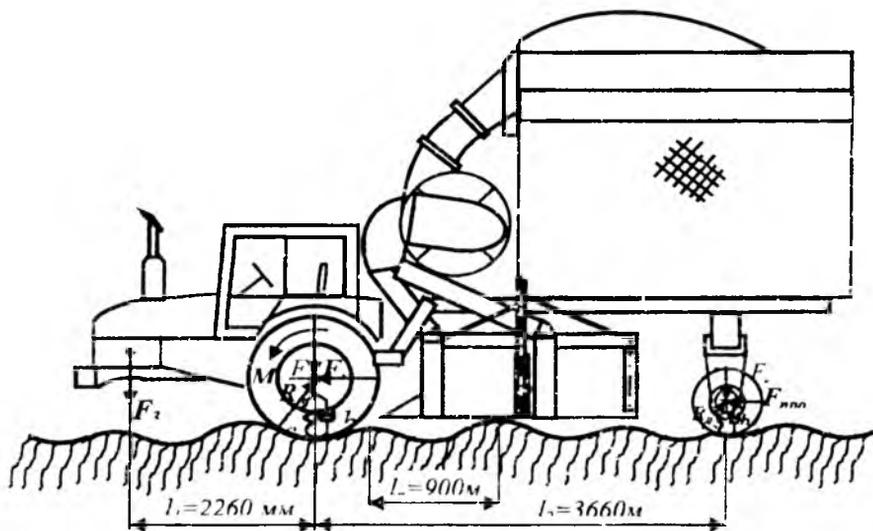


Рис.2.14. Расчетная схема ХУМ МХ-1,8

Вычислительный эксперимент проведен при следующих значениях параметров:

$c_1=1433381.14$  Н/м;  $b_1 = 17287.226$  Нс/м;  $c_2=795501.8$  Н/м;  
 $b_2= 9594.11$  Нс/м;  $m_m=7714$  кг;  $m_1=5114$  кг;  $m_2=2600$  кг;  
 $m_3=1262$  кг;  $r_1=0.74$ м;  $r_2=0.4175$ м;  $V_m=1.21$ м/с;

$$F_k = F_x = 17200 \text{ Н}; F_y = F_x \sin \frac{2\pi V_m}{l_n} t; F_3 = m_3 \ddot{y}_{k_1}.$$

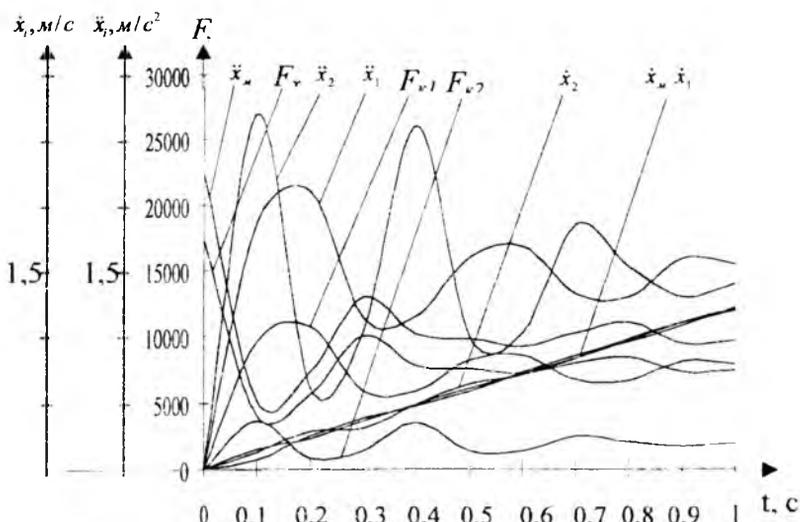


Рис. 2.15. Характер изменения параметров движения ХУМ МХ-1,8 для продольных колебаний

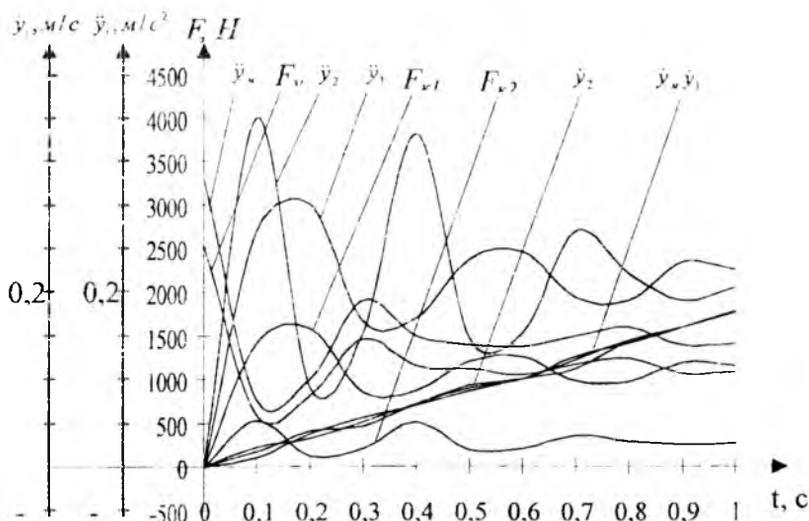


Рис. 2.16. Характер изменения параметров движения ХУМ МХ-1,8 для вертикальных колебаний

Как известно, при криволинейном движении ХУМ МХ-1,8 возрастает дополнительная составляющая боковой силы, и возникают проскальзывания шины на опорной поверхности. При этом на равномерность движения влияют не только скорость поворота, но и упругие и демпфирующие характеристики всего рулевого привода и шин. Рассмотрим принципиальную схему поворота ХУМ МХ-1,8 с передними ведущими и задними направляющими колесами (рис.2.17). Примем, что ХУМ МХ-1,8 движется с малой постоянной скоростью, тогда центробежной силой можно пренебречь. Не будем учитывать и явления увода  $\varphi_{y\alpha 1} = 0$ ;  $\varphi_{y\alpha 2} = 0$  [16.31].

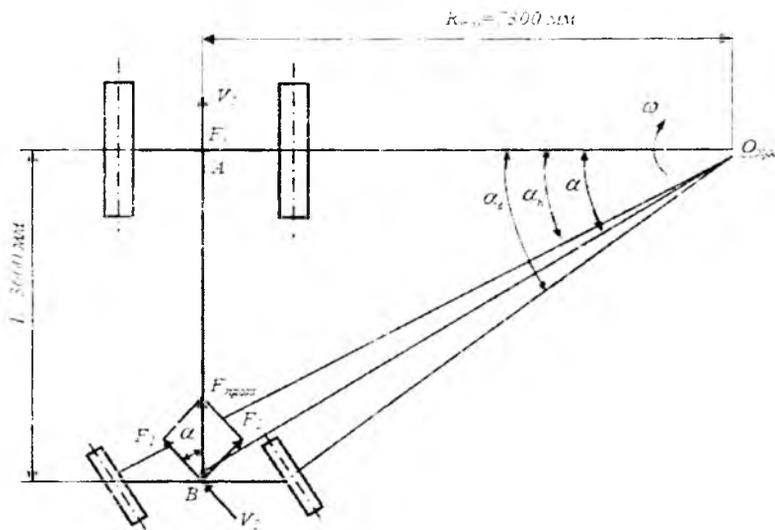


Рис.2.17. Схема поворота ХУМ МХ-1,8 с задними направляющими колесами

Касательная сила тяги переднего моста  $F_k$  приложена в точке  $A$  и направлена вдоль продольной оси трактора. При этом точка  $A$  перемещается со скоростью  $v_1$  в направлении действия силы тяги переднего моста, так как при отсутствии боковых сил нет никаких причин ее изменения.

Управляемые колеса заднего моста, повернутые на средний угол  $\alpha = 26^\circ$ , перемещаются под действием протягивающей силы  $F_{прот} = F_{к_2} = (m_2 - m_3)\ddot{x}_2$ , передаваемой мосту от продольной рамы ХУМ. Протягивающая сила приложена в точке  $B$  и действует вдоль продольной рамы ХУМ МХ-1.8. Разложим эту силу на две составляющие:  $F_1 = F_{прот} \cos \alpha$ , направленную под углом  $\alpha$  к продольной оси машины и силу  $F_2 = F_{прот} \sin \alpha$ , перпендикулярную силе  $F_1$ .

Подставляя значения сил, полученные решением системы (2.31) и (2.32), получим:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{fF_{к_2}}{F_{к_2} \cos \alpha} = \frac{f(m_2 - m_3)\ddot{y}_2}{(m_2 - m_3)\ddot{y}_2 \cos \alpha} = \\ &= \frac{0,03 \cdot (2600 - 1262) \cdot 0,42}{(2600 - 1262) \cdot 0,42 \cdot 0,9} = 0,033 \end{aligned}$$

где  $f$ -коэффициент сопротивления грунта качению колеса.

Для того, чтобы направляющие ведомые колеса перемещались в плоскости вращения, протягивающая сила не должна быть больше силы их сцепления с опорной поверхностью [68.16].

$$F_{прот} \leq \varphi(m_2 - m_3)\ddot{y}_2.$$

В нашем случае

$$\begin{aligned} F_{прот} &\geq \varphi(m_2 - m_3)\ddot{y}_2 = (m_2 - m_3)\ddot{x}_2 > \varphi(m_2 - m_3)\ddot{y}_2 = \\ &= (2600 - 1262) \cdot 2,7 > 0,033(2600 - 1262) \cdot 0,42 = 36126 > 18,54. \end{aligned}$$

Таким образом, полученные результаты показывают, что вертикальные колебания задних направляющих колес уменьшают коэффициент сцепления  $\varphi < \varphi_{зад} = 0,033 < 0,4, \dots, 0,6$  [68,16]. Следовательно, с

ухудшением коэффициента сцепления снижается точность управления и увеличивается занос машины, что создает трудности для ориентации механика-водителя при маневрировании в движении и в разворотных полосах хлопкового поля.

Анализ выведенных формул и результаты расчетов по ним однозначно показывают, что положения задних направляющих колес существенно влияют на точность управления МТА в целом и траекторию поворота ХУМ в частности. Информация водителю о положении направляющих колес позволяет улучшить управляемость вообще и особенно на поворотах. Такую информацию, возможно, получить при оснащении агрегата системой измерения и контроля угла поворота задних направляющих колес.

## ГЛАВА 3. Микропроцессорные системы контроля и управления шириной рабочей щели хлопкоуборочной машины

---

---

### *3.1. Микропроцессорная система контроля и регулирования рабочей щели уборочного аппарата на основе индуктивного датчика*

*Обоснование необходимости разработки более совершенной системы контроля и управления шириной РЩ.* Анализ описанной выше в п. 1.1 системы контроля и регулирования РЩ УА ХУМ показал, что этой системе присущи следующие недостатки:

1. Задание величины управляющего сигнала осуществляется водителем механическими контактами.
2. Электронная схема выполнена на старой элементной базе;
3. Низкая надежность работы.
4. Большой габарит.
5. Низкое быстродействие в формировании управляющих сигналов.
6. Малая информативность системы и т.д.

Эти и другие недостатки привели к необходимости разработки более совершенной системы контроля и регулирования РЩ ХУМ.

В связи с этим авторами данной работы разработаны и изготовлены микропроцессорные системы (МПС) контроля и регулирования РЩ УА ХУМ на базе индуктивного и фотоэлектрического датчиков линейного перемещения

Для разработки и изготовления микропроцессорной системы контроля и регулирования рабочей щели ХУМ были поставлены следующие технические требования:

Диапазон регулирования рабочей щели, в мм.....от 20 до 40;

Тип датчика .....бесконтактный;

Напряжение питания. В.....12;

Количество контролируемых и регулируемых РЦ, шт. ...2;  
Вид индикации.....цифровой, в виде десятичного кода;  
Вид регулирования.....ручной/автоматический;  
Тип исполнительного механизма.....гидроцилиндр  
управляемый электрогидрораспределителем;  
Принцип контроля и регулирования .....программный  
Используемая элементная база .....микроконтроллер,  
интегральные микросхемы;  
Условия эксплуатации.....на подвижном объекте;  
Изменения температуры окружающей среды, °С...от 5 до  
60;  
Изменения влажности окружающей среды, %...от 10 до 50.

*Структурная схема МПС контроля и регулирования РЦ УА на базе индуктивного датчика* приведена на рис 3.1 и состоит из следующих блоков [56,60]:

БВЗУ – блок выбора задания и управления работой исполнительного механизма.

Дисп – дисплей.

БИЗС – блок индикаторов и звуковой сигнализации.

БУ – блок управления работой исполнительного механизма.

ИМ – исполнительный механизм.

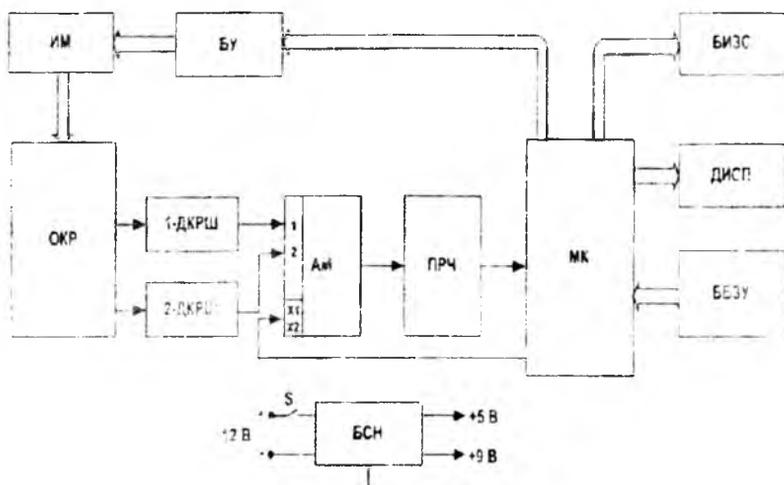
ОКР – объект контроля и регулирования.

1-ДРШ и 2-ДРШ – первые и вторые датчики контроля РЦ.

АМ – аналоговый мультиплексор; ПРЧ – преобразователь частоты; У – усилитель.

Функциональным назначением приведенных блоков являются следующие: Первые и вторые датчики контроля рабочих щелей 1-ДКРШ и 2-ДКРШ УА предназначены для бесконтактного контроля зазоров - РЦ между шпиндельными барабанами УА. Аналоговый мультиплексор, согласно поданному управляющему сигналу коммутирует свой вход на вход преобразователя частоты. Преобразователь частоты (ПРЧ) преобразует изменение ширины РЦ на величину частоты. Усилитель (У) усиливает выходную частоту

преобразователя до установленного значения, микроконтроллер (МК) принимает измеренные величины, обрабатывает полученные данные согласно программе, сравнивает обработанные данные с заданным значением и формирует управляющий сигнал для запуска (отключения) исполнительного механизма, выдает звуковой сигнал о начале выдачи управляющего сигнала, принимает выбранное значение и формирует согласно этого значения управляющий сигнал, устанавливающий РЩ УА на заданное значение.



*Рис.3.1. Структурная схема микропроцессорной системы контроля и регулирования РЩ УА, построенной на базе индуктивного датчика*

С помощью блока выбора задания и управления (БВЗУ) осуществляется выбор необходимого значения РЩ и выдачи его на микроконтроллер. Здесь же имеются управляющие кнопки для сброса выбранного задания и ручного управления работой исполнительного механизма. Обработанные данные выбранного управляющего значения отображаются на дисплее (Дисп). Посредством блока управления (БУ) осуществляется прием усиления управляющих сигналов, а

также выдача силового управляющего сигнала на управляющие входы исполнительного механизма.

Исполнительный механизм (ИМ) осуществляет автоматическую коммутацию направления передачи потока масла электрического гидрораспределителя, который управляет изменением ширины РЩ.

Принцип работы микропроцессорной системы контроля и регулирования РЩ УА заключается в следующем.

Во время работы ХУМ механизатор по степени раскрытия хлопчатника, размеров и густоты кустов посредством кнопок, размещенных на лицевой панели микропроцессорного устройства контроля и регулирования РЩ УА выбирает (устанавливает) заданное значение РЩ (например, 30 мм). Это значение высвечивается на Дисп и одновременно с выхода МК подается на вход БУ. В БУ выбранный управляющий сигнал дополнительно усиливается как по току, так и по мощности. После усиления управляющий сигнал подается на вход управляющей обмотки электромагнита электрогидро-распределителя (ЭГР). В данном случае исполнительным механизмом является гидроцилиндр (ГЦ), управляющий РЩ УА. Управляющим элементом ЭГР являются электромагниты. Причем первый электромагнит ЭМ1 регулирует положение левого золотника ЭГР, а второй электромагнит ЭМ2 - положения правого золотника ЭГР. При подаче управляющего сигнала на обмотки левого (первого) ЭМ1, этот электромагнит притягивает соответствующий золотник и открывает доступ масла в соответствующую полость ГЦ. В результате этого поршень ГЦ перемещается и изменяет (уменьшает) ширину РЩ УА.

В этой системе ширина РЩ УА контролируется бесконтактными индуктивными датчиками (1-ДКРЩ и 2-ДКРЩ). При этом в зависимости от ширины РЩ на выходе индуктивного датчика (1-ДКРЩ) пропорционально к нему изменяется индуктивное сопротивление, которое через первый вход аналогового мультиплексора подключается к входу ПРЧ, в результате на выходе преобразователя изменяется частота. Величина преобразованной частоты

(длительность повторения - период следования импульсов) будет пропорциональна ширине РЩ УА.

Таким образом, величина РЩ, преобразованная в частоты следования импульсов после усиления У подается на вход МК. Микроконтроллер принимает поступающие частоты (сигналы), и согласно заранее вложенной программе в его память обрабатывает, сравнивает обработанные данные с заданным значением. Если измеренное значение будет равно заданному, то микроконтроллер отменяет выданный управляющий сигнал. В результате этого прекращается подача питания в обмотку выбранного электромагнита ЭГР. Далее шток электромагнита перекрывает подачу масла из гидронасоса на исполнительный механизм ГЦ. При этом, если РЩ окажется меньше заданного, то перемещение поршня продолжается уменьшаться. Датчик контроля РЩ (1-ДКРЩ) непрерывно контролирует и подает сигнал об изменении РЩ. Таким образом, осуществляется автоматизация контроля и регулирование РЩ УА ХУМ.

Опытный образец разработанной микропроцессорной системы контроля и регулирования РЩ УА был установлен и апробирован в 2012 г. на ХУМ марки МХ-1,8 (рис.3.2).

Результаты испытания разработанной системы показали следующее:

1. Наглядность отображения информации. Ширина РЩ показана в виде десятичного кода.

2. Удобства выдачи задания. Управляющий сигнал задаётся посредством сенсорных клавиатур и отображается на дисплее.

3. Задержка выдачи управляющего сигнала относительно скорости движения ХУМ, связанная с интуицией реакции оператора, а также с быстродействием (постоянным временем) работы электромагнитного гидрораспределителя и других исполнительных механизмов УА.

4. Высокая чувствительность преобразователя индуктивного сопротивления в частоты следования импульсов, связанные с индуктивностью катушки датчика и

различным внешним возмущающим воздействием: изменение температуры,



*Рис.3.2. Размещение микропроцессорного устройства контроля и регулирования рабочей щели ХУМ в кабине трактора*

механических, электрических, ударов, магнитного поля и изменением влажности окружающей среды.

5. Смещение характеристики индуктивного датчика от установленного значения (координаты) при изменении температуры и влажности окружающей среды (рис.3.3).

6. Основным узлом, определяющим показатели надежности системы контроля и регулирования РЩ, является датчик-преобразователь, изменяющий величину РЩ в напряжение или частоту. Поэтому к конструкции, линейности характеристики, точности, надежности работы датчика-преобразователя линейного перемещения ставятся жесткие требования, приведенные ниже.

### 3.2. Основные требования, предъявляемые к датчикам линейного перемещения

Надежность и точность работы датчика контроля линейного перемещения определяют качество работы системы контроля и регулирования в целом. Ниже приведем основные критерии качества датчиков линейного перемещения.

Качество датчиков линейного перемещения (ДЛП) может быть охарактеризовано комплексом технических показателей, которые можно разделить на две группы: одна из них определяет точность и диапазон измерения, а другая - эксплуатационно-производственные характеристики [13].

Точностные характеристики ДЛП и возможности их применения определяются следующими параметрами:

1. Линейность шкалы ДЛП. Наиболее распространенной является оценка нелинейности шкалы по приведенной погрешности измерений:

$$\gamma_{\text{пр}} = (\Delta a / a_{\text{max}}) 100\%. \quad (3.1)$$

где  $\Delta a$  — максимальная абсолютная погрешность измерения при оптимальном построении прямой, аппроксимирующей характеристику ДЛП;  $a_{\text{max}}$  — максимально измеренное перемещение.

В зависимости от класса решаемых с помощью ДЛП задач высокоточные датчики перемещения характеризуются следующими значениями:

$$0,01 < \gamma_{\text{пр}} < 0,1 \% \quad (3.2)$$

2. Стабильность масштабного коэффициента. Масштабный коэффициент определяется при градуировке таким образом, чтобы приведенная (или относительная) погрешность в предполагаемом диапазоне измерений была минимальной. Стабильность масштабного коэффициента ДЛП оценивается значением порядка 0,01 %.

3. Ошибки смещения нуля. Смещения нуля ДЛП характеризуются средним значением выходного сигнала, когда на входе сигнал отсутствует. На практике обычно применяют компенсацию смещения нуля, и если она не

полностью выбирает смещения нуля, то возникают «ошибки смещения нуля» (см.рис.3.3).

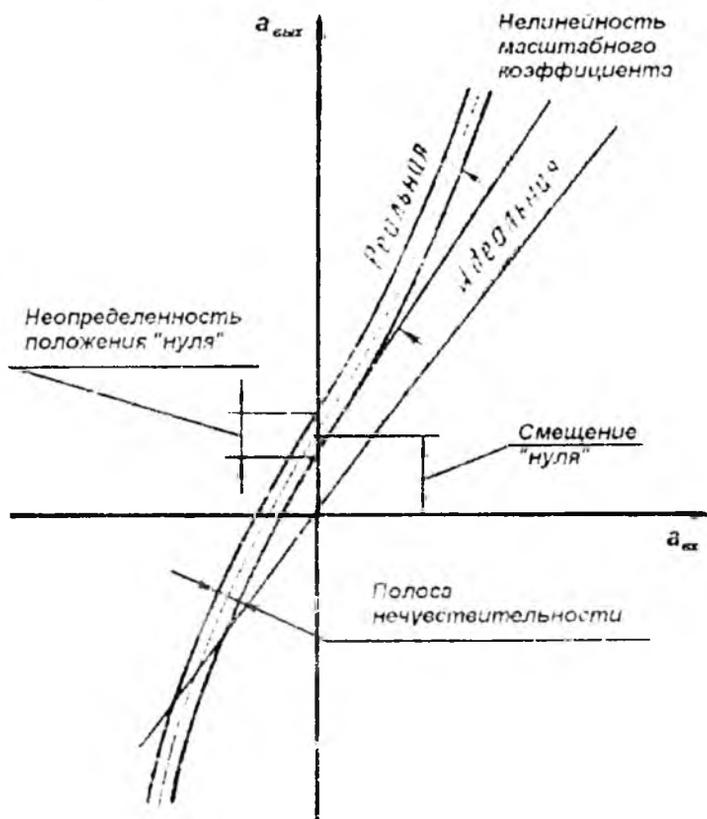


Рис.3.3. Статическая характеристика ДЛП

4. Порог чувствительности. При измерениях линейного перемещения на выходе ДЛП в действительности соответствует не одно определенное значение входного воздействия, а некоторая полоса значений, образуемая за счет механических и электрических мертвых зон. Ширина этой полосы определяет порог чувствительности ДЛП  $\Delta a_0$ , т.е. определяет изменение действительного значения, при котором

обязательно будут наблюдаться изменения выходного сигнала. Порог чувствительности оценивается значением  $\Delta a_0$ .

5. Динамический диапазон измерений. Он определяется отношением

$$D = a_{\max} / \Delta a_0 \quad (3.3)$$

и варьируется в пределах  $10^4 \dots 10^6$ .

6. Пределы измерения перемещения. Типичным для ДПП являются следующие пределы измерения перемещения: 0...5 мм; 0...10 мм; 0...20 мм;  $0 \geq 30$  мм.

Предпочтительными являются конструкции ДПП, допускающие достаточно простую перестройку диапазонов измерения.

7. Неравномерность частотной характеристики, которая не должна превышать для высокоточных ДПП 1%.

Соотношения между сигналами на входе и выходе идеального и реального ДПП в статическом режиме, представленные на рис.3.3, характеризуют погрешности последнего. Наряду с перечисленными выше характеристиками ДПП, качество последней оценивается и по таким показателям, как технологичность конструкции, простота настройки, удобство в эксплуатации, размеры, масса и т.д. С точки зрения надежности предпочтительны конструкции, содержащие минимум механических сочленений, подвижных выводов, герметичных узлов и т.д.

### **3.3. Расчет параметров преобразователя линейного перемещения, разработка схем и конструкции элементов системы и их реализация на хлопкоуборочной машине**

Как видно из структурной схемы, основными узлами микропроцессорной системы контроля и регулирования РЩ УА являются датчики - преобразователи; генератор высокой частоты на базе индуктивного датчика; микроконтроллер; усилитель; аналоговый мультиплексор; дисплей; блок выбора

задания и управления, а также усилитель мощности, подключенные к входам электромагнита.

Установлено, что точность контроля и регулирования РЦ по заданному значению зависит от линейности характеристики АЧП.

Основным узлом АЧП является резонансный усилитель на основе индуктивного датчика линейного перемещения, а линейность и точность преобразования резонансного усилителя АЧП зависит от добротности индуктивного датчика. Поэтому необходимо определить параметры резонансного усилителя, отвечающие требованию минимизации изменения добротности при изменении их с помощью индуктивного датчика линейного перемещения.

Согласно [2] для расчета можно воспользоваться общепринятой эквивалентной схемой резонансного усилителя (рис.3.4). Транзистор в данном случае заменяется источником тока с выходными параметрами  $G_{22}$  и  $C_{22}$ . Коэффициенты включения резонансного контура, составленного на базе обмотки индуктивного датчика, равны единице;  $G_{11}$  и  $C_{11}$  являются входными параметрами нагрузки. Эквивалентная проводимость колебательного контура определяется соотношением  $G_3 = G_K + G_{11} + G_{22}$ , а суммарная емкость контура  $C = C_K + C_{11} + C_{22}$ .

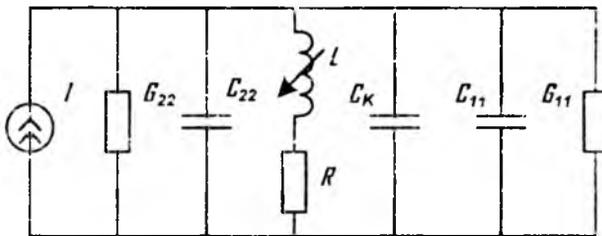


Рис. 3.4. Эквивалентная схема резонансного усилителя

Комплексный коэффициент передачи рассматриваемого каскада имеет следующий вид:

$$K(i\omega) = G_{22} \frac{[\omega^2 L^2 (G_{11} + G_{22}) + R^2 (G_{11} + G_{22}) + R] + j\omega [L(1 - \omega^2 LC) - R^2 C]}{[1 - \omega^2 LC + R(G_{11} + G_{22})]^2 + \omega^2 [L(G_{11} + G_{22}) + RC]^2} \quad (3.4)$$

Резонансная частота усилителя определяется из условия равенства мнимой части (3.4) нулю:

$$\omega_0 = \left( \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2} \right)^{1/2} \quad (3.5)$$

Определим добротность усилителя в соответствии с выражением (3.5). Для этого найдем выражение для ФЧХ каскада, а затем продифференцируем его по частоте с последующей подстановкой  $\omega = \omega_0$ :

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{\omega[(1 - \omega^2 LC)L - R^2 C]}{[(\omega^2 L^2 + R^2)(G_{11} + G_{22}) + R]},$$

$$\frac{d[\varphi(\omega)]}{d\omega} = \frac{2C(R^2 C - L)}{L(G_{11} + G_{22})RC} \quad (3.6)$$

$$Q = \frac{C^{1/2} (L - CR^2)^{3/2}}{L^2 (G_{11} - G_{22}) + LCR}$$

Учитывая, что зависимость  $Q_0$  от  $L$  устранить невозможно, необходимо выбирать такой участок зависимости  $Q_0(L)$ , где изменения  $Q_0$  были бы минимальными. Очевидно, что если существует  $[Q_0(L)]' = 0$ , то соответствующие параметры схемы и определяют искомый участок.

Дифференцируя и приравнявая нулю, получим следующее уравнение:

$$L^2 (G_{11} + G_{22}) - LCR[1 + 4R(G_{11} + G_{22})] + 2C^2 R^3 = 0 \quad (3.7)$$

Из выражения (3.7) можно получить несколько решений для разных случаев, например, если заданы параметры датчика и параметры усилителя, можно оптимальным образом выбрать значение  $C$  и наоборот, подобрать оптимальное

значение индуктивности датчика для заданного резонансного усилителя.

Численный анализ (3.7) показывает, что третье слагаемое как минимум на четыре порядка меньше первых двух, и им можно пренебречь. Выражение (4) примет более простой вид:

$$L = \frac{CR[1 + 4R(G_{11} + G_{22})]}{G_{11} + G_{22}} \quad (3.8)$$

Рассмотрим кривую изменения добротности при изменении индуктивности датчика (рис.3.5) для области выбранной согласно выражению (3.8), рассчитанную при следующих параметрах усилителя:  $C=10^{-9}\text{Ф}$ ,  $R=10\text{ Ом}$ ,  $G_{11}+G_{22}=2\cdot 10^{-5}\text{ Ом}$ . На рисунке видно, что на участке АВ при изменении индуктивности в 2 раза, добротность изменяется на 5,8 %, это соответствует отношению добротностей  $Q_{10}/Q_{20} = 0.942$ .

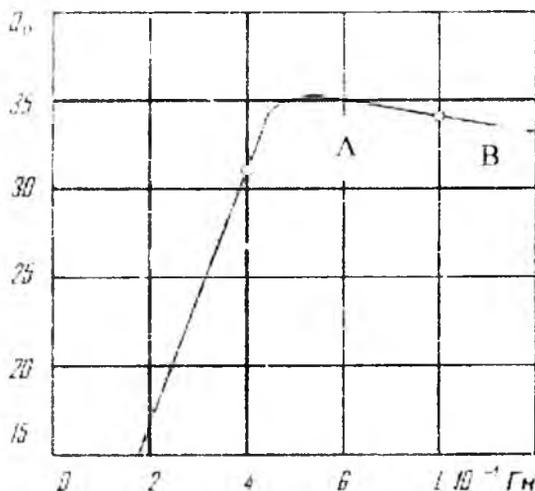


Рис.3.5. Зависимость добротности от индуктивности датчика

Таким образом, оптимальный выбор параметров резонансного усилителя и датчика, включаемого в резонансный контур усилителя, позволяет избежать ухудшения стабильности при перестройке автоколебательной системы и сохранить заданную точность преобразования в широком температурном диапазоне.

Если выполнить условие  $G_{11} + G_{22} = R^{-1}$ , то выражения (3.6) и (3.8) примут вид:

$$\omega_1 = \frac{\omega_3 [L(-x)]^{1/2}}{[L(-x)]^{1/2} + (C_1/C_2)^{1/2} [L(x)]^{1/2}};$$

$$\omega_2 = \omega_3 - \omega_1, \quad \omega_p = \omega_1 - \omega_2,$$

$$\omega_{10} = [L(x)]^{1/2} C_1^{1/2}, \quad \omega_{20} = [L(-x)]^{1/2} C_2^{1/2}, \quad (3.9)$$

$$Q = \frac{\sqrt{CR^2(L - CR^2)^3}}{L(L + CR^2)}$$

$$L = 5CR^2 \quad (3.10)$$

Из этих выражений следует, что, выполняя условие  $CR^2 = const$ , можно ввести необходимую настройку частот  $\omega_{10}$  и  $\omega_{20}$  выбором  $C_1$  и  $C_2$ , изменяя соответственно  $R$ . При этом добротности усилителей равны и при перестройке будут иметь минимальные изменения.

Например, если характеристика дифференциального датчика перемещений на участке  $\pm x$  описывается полиномом

$$L^{1/2} = I_0 - L_1 x + L_2 x^2 - L_3 x^3, \quad (3.11)$$

то для  $I_0$  (при  $x=0$ ) необходимо выбрать оптимальные параметры первого и второго резонансных усилителей.

Чтобы характеристики  $\omega_1(x)$  и  $\omega_2(x)$  не пересекались, а  $\omega_p(x)$  лежала в заданном диапазоне, согласно [73], необходимо выбрать коэффициент  $(C_1/C_2)^{1/2}$ . Затем выбирают

значение  $\omega_3$ , ориентируясь на сумму резонансных частот усилителей при  $L_1$  и  $L_2$ , равных  $L_0$ . Далее необходимо выполнить проверочный расчет характеристик преобразователя согласно формуле (3.9).

В работе для автоматизации преобразования изменения РЩ УА, использован индуктивный датчик линейного перемещения. При перемещении сердечника индуктивного датчика от воздействия подвижной рамки УА пропорционального к нему изменяется индуктивное сопротивление  $L(X)$ , составляющий формулы (3.9), как в знаменателе, так и в числителе, которое осуществляет корректировку значения  $\omega_3$  в целях выравнивания отклонений частот  $\omega_{10}$  и  $\omega_{20}$ . Предложенное устройство можно успешно применять для контроля и регулирования различных расстояний, зазоров технологических агрегатов, станков и др. механизмов.

Принципиальная схема генератора высокой частоты на базе индуктивного датчика линейного перемещения приведена на рис.3.6, а его монтажная схема приведена на рис.3.7. Принципиальная схема выполнена на базе операционного усилителя и работает от напряжения питания +12В.

На рис.3.8 представлен снимок лицевой панели- пульта управления и контроля ширины РЩ, а на рис.3.9 приведен один из вариантов конструкции индуктивного датчика контроля линейного перемещения.

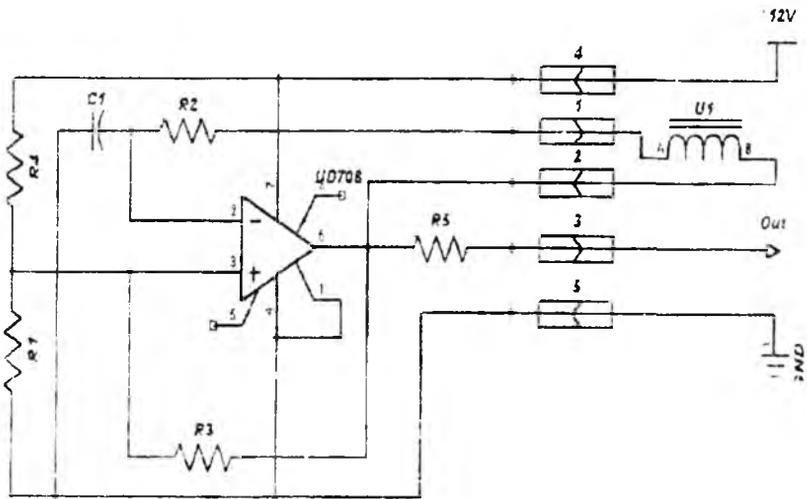


Рис.3.6. Принципиальная схема преобразователя перемещения на частоту

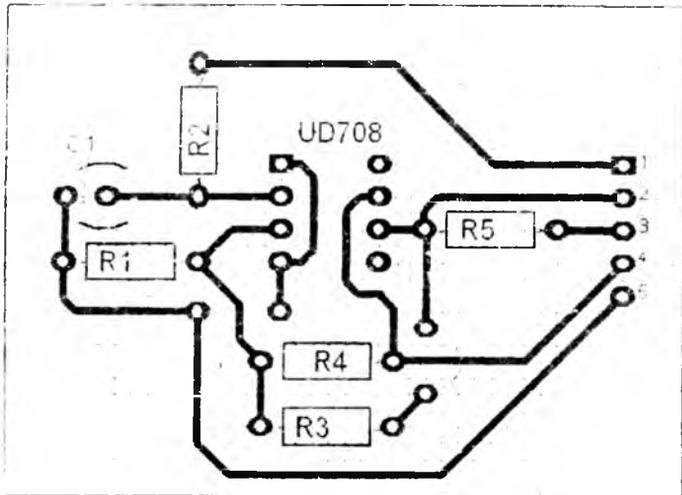
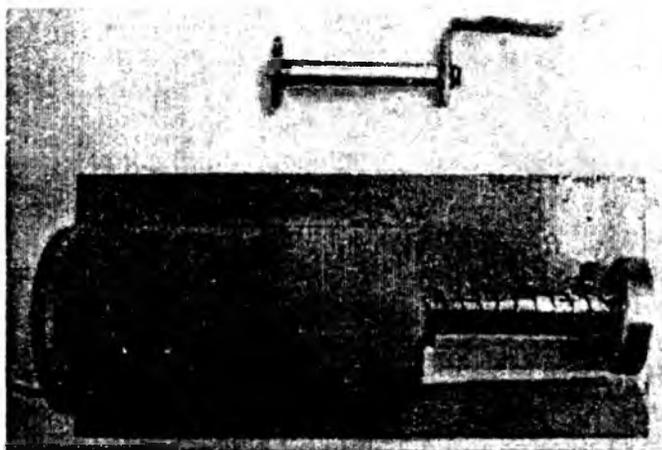


Рис.3.7. Монтажная схема преобразователя перемещения на частоту



*Рис. 3.8. Лицевая панель микропроцессорного устройства контроля и регулирования РЩ УА ХУМ*

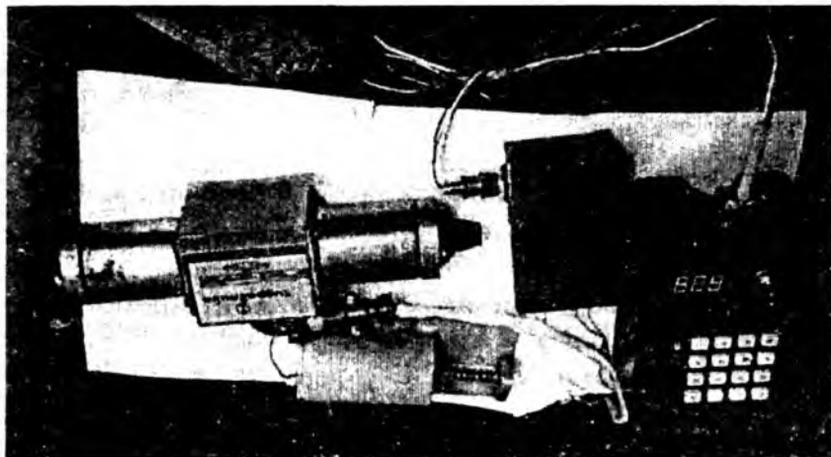


*Рис. 3.9. Общий вид индуктивного датчика линейного перемещения*

Основные технические данные предложенных индуктивных датчиков линейного перемещения	
Диапазон измерения рабочей щели, мм.....	более 30
Габаритные размеры:	
Ширина датчика, мм.....	80
Длина датчика, мм.....	170
Высота датчика, мм.....	60
Вес датчика, кг.....	0,450
Зона нечувствительности, мм.....	2
Надежность работы, более.....	0,90
Основные технические характеристики электронной части МПС контроля и регулирования РЦ УА	
Погрешность измерения (регулирования), мм.....	2
Габаритные размеры прибора:	
Ширина, мм.....	130
Высота, мм.....	85
Длина, мм.....	195
Вес электронной части, кг.....	≤ 1,5
Разрядность дисплея.....	3
Напряжения питания, В.....	12 ± 5%
Потребляемая мощность, В.....	≤ 10
Высота цифр показывающего устройства (дисплея), мм.....	15

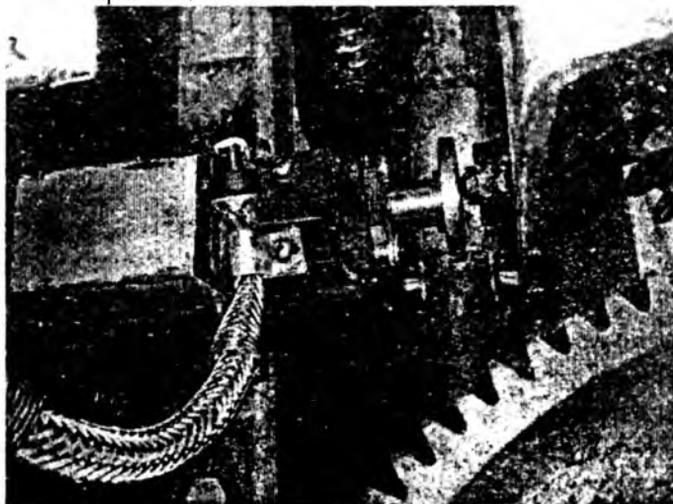
МПС контроля и регулирования РЦ работает от бортового аккумулятора 12В. Блок усилителя – усилитель мощности выполнен на базе современных элементных баз и содержит электронные ключи низкого напряжения и мощные биполярные транзисторы, управляющие работой электромагнитных клапанов электрического гидрораспределителя.

На рис.3.10 приведен комплект технических средств, входящие в состав МПС контроля и регулирования РЦ УА и конфигурация их соединения.



*Рис.3 10. Комплект технических средств, входящих в состав МПС контроля и регулирования РЦ УА и конфигурация их соединения*

На рис.3.11 приведен снимок размещения датчика линейного перемещения в УА ХУМ.



*Рис.3.11. Датчик линейного перемещения (ширины РЦ), установленный в РЦ УА*

### ***3.4. Микропроцессорная система контроля и регулирования рабочей щели уборочного аппарата на базе фотоэлектрического датчика линейного перемещения***

Для обеспечения выполнения технических требований, т.е. надежного контроля изменений ширины РЩ УА ХУМ, авторами данной работы разработан оптоэлектронный датчик линейного перемещения.

Необходимо отметить, что в настоящее время разработаны и серийно выпускаются аналогичные датчики. Однако процедура приобретения их довольно трудна, с другой стороны, по конструктивному исполнению они предназначены для применения на стационарных условиях и поэтому использование их для контроля РЩ УА ХУМ усложняется.

Разработанный оптоэлектронный датчик линейного перемещения по основным характеристикам полностью удовлетворяет всем вышеизложенным в п.3.2 требованиям. Из рис.3.15 видно, что статические и динамические характеристики прямого и обратного ходов разработанного датчика являются линейными и полностью повторяются. Структурная схема САК и регулирования РЩ УА ХУМ, построенная на базе фотоэлектрического преобразователя, состоит из следующих блоков (рис.3.12):

- первого и второго оптоэлектронных преобразователей датчиков контроля РЩ УА;
- микроконтроллера;
- блока ввода заданий и управления;
- двухканального жидкостно-кристаллического дисплея;
- блока звуковой сигнализации;
- блока усилителя и электронного гидрораспределителя.

МПС контроля и регулирования работает согласно встроеной в память программы и от стабилизованного источника питания работающего от бортового аккумулятора 12 В. Для обеспечения точности преобразования линейного перемещения зависимость выходных напряжений

(сопротивления) фотодиода от изменения зазоров можно регулировать двумя способами:

1. Балансирующими сопротивлениями, подключенными в электрические цепи фотоэлектрических преобразователей.

2. Программным способом.

Общий вид оптоэлектронного датчика линейного перемещения для контроля ширины РЦ УА ХУМ приведен на рис.3.13 и может применяться для измерения линейных перемещений рабочих технологических узлов и других агрегатов и оборудования.

Механизм регулировки ширины РЦ УА ВШ ХУМ содержит бесконтактный датчик 1 контроля ширины РЦ, электронный блок 2, содержащий микроконтроллер 3, блок 4 сигнализации и индикации, жидкостно-кристаллический дисплей 5, матричный

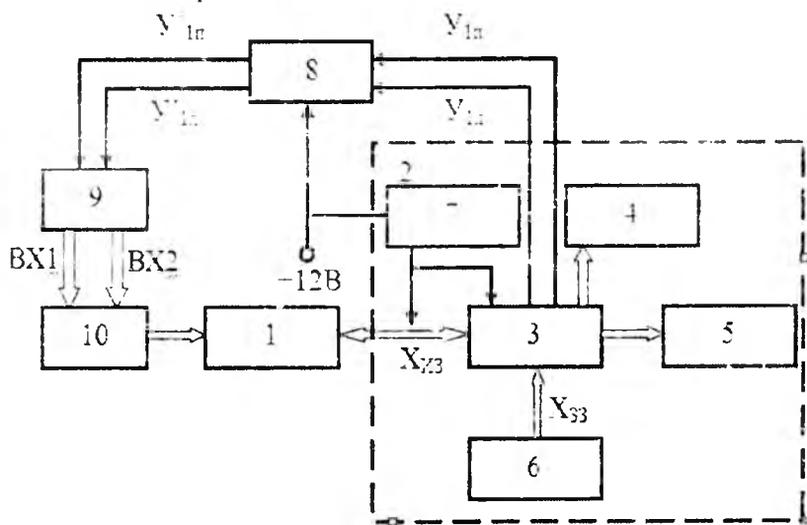
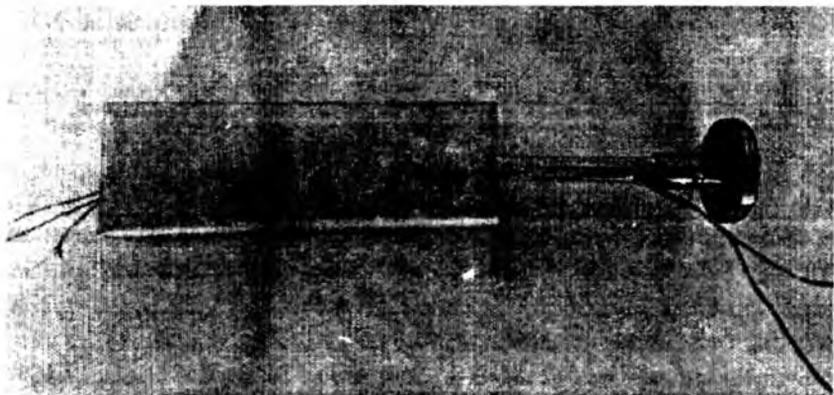


Рис.3.12. Структурная схема САК и регулирования РЦ УА ХУМ, построенная на базе фотоэлектрического преобразователя



*Рис.3.13. Общий вид оптического (фотоэлектрического) датчика линейного перемещения*

блок 6 сенсорных клавиатур, блок 7 преобразователя и стабилизации напряжения, блок 8 усилителей управляющих сигналов электромагнитного клапана электрогидрораспределителя 9, управляющего работой исполнительного механизма, изменяющий ширину РЦ УА 10.

Бесконтактный датчик 1 контроля ширины РЦ (рис.3.14) содержит корпус 11, фотодиод 12, пружина 13, светодиод 14, штек 15, головка 16, вайлоковая манжета 17, провода 18, 19, 20, при этом выходы датчика 1 контроля ширины РЦ посредством соединительного кабеля (жгута) соединены с входами электронного блока 2, последний с датчиком 1 контроля ширины РЦ питается от блока 7 преобразователя и стабилизации напряжения, а блок 7 и блок 8 усилителей и электромагнитные клапаны 9 питаются от бортовой аккумуляторной батареи напряжением 12В.

Процесс контроля и регулировки ширины РЦ УА 10 (объекта контроля и регулирования) осуществляется следующим образом. Для проведения контроля и регулировки ширины РЦ необходимо подать питание электронному блоку 2 и блоку 8 усилителей. Для этого включением тумблера, установленного на корпусе электронного блока 2, подается

питание на все перечисленные блоки. При этом на первом канале дисплея непрерывно будет отображаться действительное измеренное значение  $X_{и1}$ , соответствующее величине РЩ УА, а на втором канале дисплея 5 будет отображаться заданное значение  $X_{з3}$ .

Для задания необходимой ширины РЩ УА механизатор, исходя из состояния агрофона (сорта хлопчатника, размеров куста, степени раскрытия коробочек и урожайности поля) определяет ширину РЩ и посредством сенсорной клавиатуры 6 вводит значения выбранного задания ( $X_{з3}$ ) в память МК 3. Значение выбранной ширины РЩ будет отображаться на втором канале дисплея 4 в виде десятичного кода.

При этом с момента ввода задания в память микроконтроллера на выходе электронного блока 2 формируется управляющий сигнал, например  $У_{п1}$ , который усиливается блоком 8 усилителя и усиленный сигнал  $У'_{п1}$  подается на один из входов, например, на  $Vx1$  электромагнита ЭГР 9.

В зависимости от подаваемого левого (правого) управляющего сигнала  $У_{п1}$ , ( $У_{п2}$ ) гидрораспределитель в свою очередь соединяет напорную магистраль гидросистемы машины с соответствующей полостью гидроцилиндра 10 контроля и регулирования и поворачивает поворотный вал в соответствующую сторону и изменяет положение подвижной головки 21(рис.3.14), закрепленного на подвижной рамке каркаса УА. Подвижная головка 21, воздействует на шток 16 и перемещением его изменяет расстояние между фотодиодом 12 и светодиодом 14 бесконтактного датчика 1. Изменение расстояния между светодиодом 14 и фотодиодом 12 приводит к пропорциональному изменению выходного сигнала фотодиода 12, снимаемому с выхода проводом 20. При этом датчик 1(см.рис.3.13) контроля непрерывно контролирует изменение ширины РЩ объекта контроля и регулирования 10 и продолжает подавать контролируемый сигнал на вход электронного блока 2. Если величина контролируемого сигнала ( $X_{и3}$ ) окажется равной заданному значению  $X_{з3}$ , то на выходе микроконтроллера 3 отменяется управляющий сигнал

$U_{1п}$  или  $U_{1л}$ , который в свою очередь приводит к отмене усиленного управляющего сигнала  $U'_{1п}$  или  $U'_{1л}$  на выходе блока 8 управления, в результате которого прекращается подача масла в полость гидроцилиндра.

Для изменения ширины РЦ необходимо заново ввести новое заданное значение  $X_{13}$  в память микроконтроллера 3. тогда на его выходе формируется управляющий сигнал  $U_{1л}$  или  $U_{1п}$ ) и процесс регулировки РЦ заново повторяется.

Принципиальная схема фотоэлектрического преобразователя (датчика) линейного перемещения, содержит источник излучения, фоторезистор, размещенные во внутрь трубки, работает от напряжения аккумуляторной батареи 12 В.

Основные технические данные оптического датчика линейного перемещения приведены ниже:

Диапазон измерения рабочей щели, мм, не менее ...	30
Габаритные размеры:	
Ширина датчика, мм.....	30
Длина датчика, мм.....	170
Высота датчика, мм.....	30
Масса датчика, кг.....	0,25
Зона нечувствительности, мм.....	0,5
Коэффициент надежности работы, не менее.....	0,95

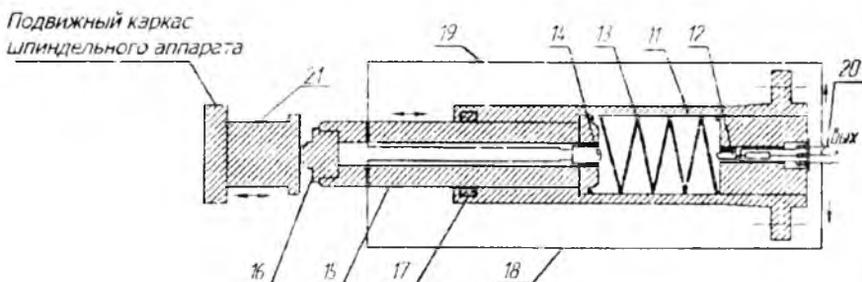
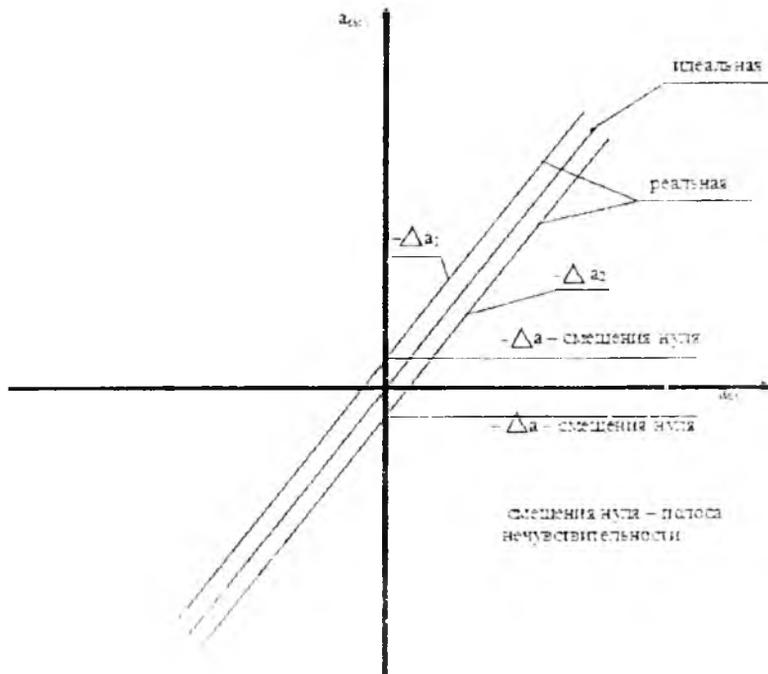


Рис.3.14. Конструкция фотоэлектрического датчика линейного перемещения ширины РЦ УА ХУМ



*Рис.3.15. Статическая характеристика датчика линейного перемещения на базе фотоэлектрического элемента*

На рис.3.16 приведена принципиальная схема электронной части микропроцессорной системы контроля и регулирования РЦ УА ХУМ, а на рис. 3.17 монтажная схема электронной части МПС. Входы для изменения программы микроконтроллера, а также выходы для выдачи управляющего сигнала выполнены в разъемных вариантах. Для приема, обработки информации и для формирования управляющих сигналов использован микроконтроллер типа ATMEGA 8. Микроконтроллер питается от источника стабилизированного напряжения +5В. Блок выбора задания и выдачи управляющего сигнала и блок управления содержит три кнопки.

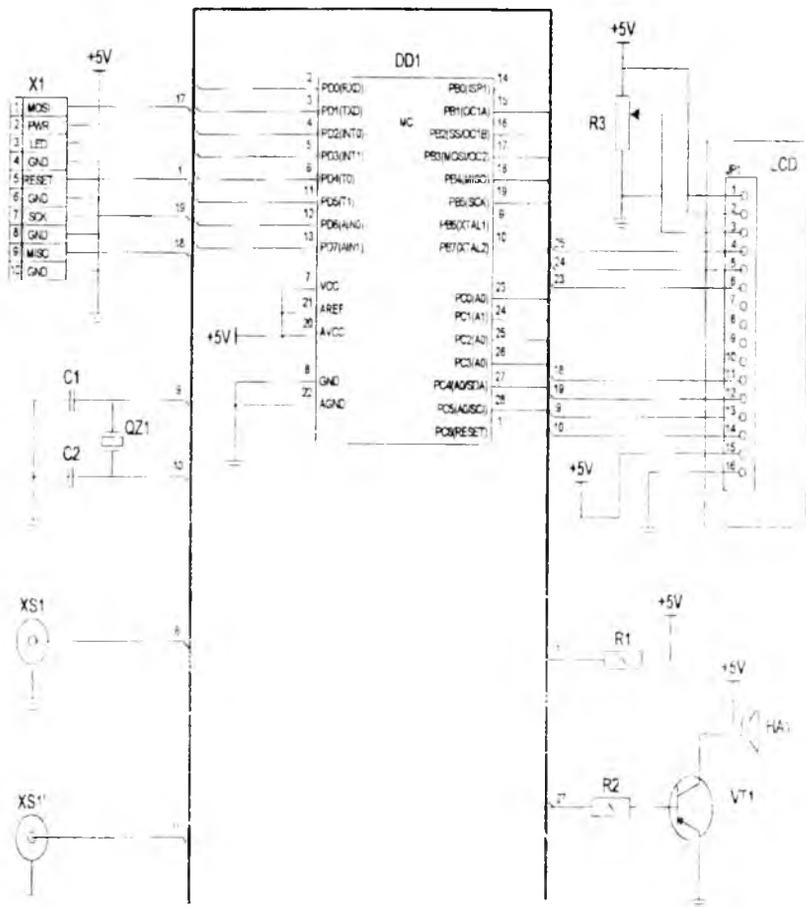
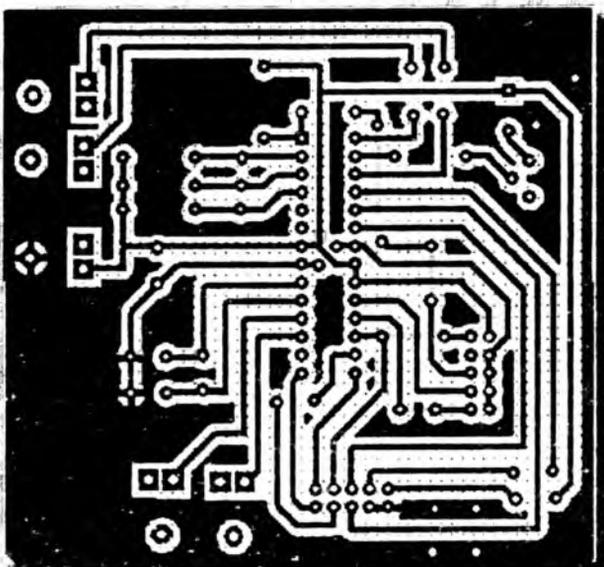
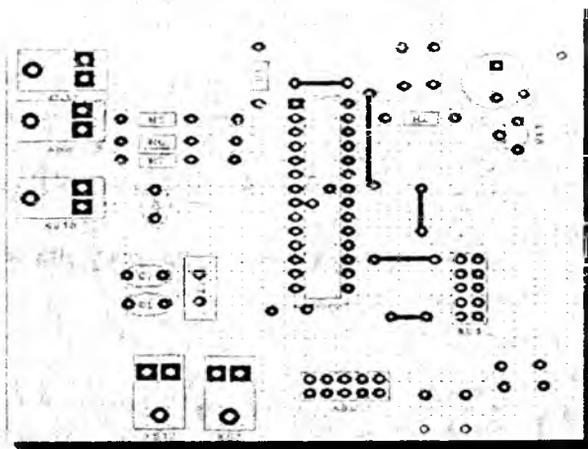


Рис.3.16 Принципиальная схема электронной части МПС контроля и регулирования РЦ УА ХУМ



а

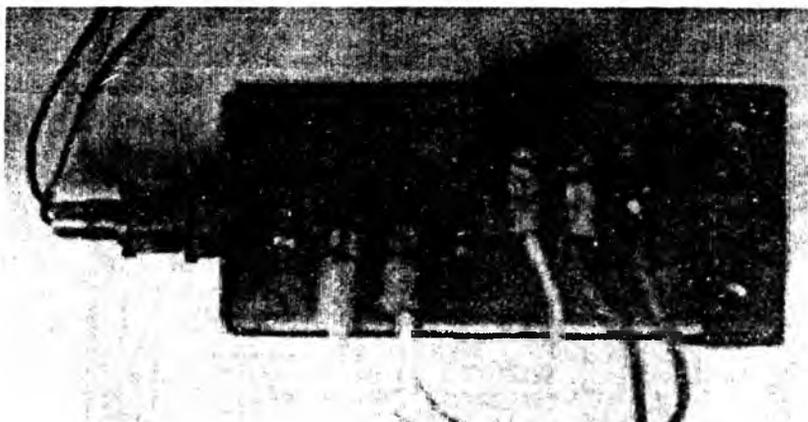


б

*Рис.3.17. Монтажная схема электронной части МПС контроля и регулирования РЦ УА ХУМ: а- вид спереди; б-вид сзади*

На рис.3.19 приведен блок усилителя мощности и управления. Блок усилителя мощности размещен в

металлическом корпусе. Управляющий вход блока усилителя мощности соединен с выходом микропроцессора посредством разъема.



*Рис. 3.18. Общий вид блока усилителя мощности и управления*

Конструктивные размеры корпуса блока контроля и обработки разработаны согласно размерам места размещения в кабине оператора(тракториста). Основные технические характеристики блока контроля и обработки МПС контроля и регулирования РЩ УА:

Абсолютная погрешность измерения (регулирования), мм, не более.....	2
Габаритные размеры прибора:	
Ширина, мм.....	130
Высота, мм, менее.....	85
Длина, мм.....	195
Вес электронной части, в кг.....	≤ 1*
Разрядность дисплея.....	двухрядный, многорядный
Напряжения питания, В.....	12 ± 5%
Потребляемая мощность, Вт, не более.....	≤ 10
Высота цифры показывающего устройства	

(дисплея), мм.....10  
 МПС контроля и регулирования работает от бортового аккумулятора 12 В.

### 3.5. Результаты экспериментального исследования фотозлектрического датчика линейного перемещения

В экспериментальной части проводили исследования зависимости изменения выходного напряжения фотозлектрического датчика (преобразователя) от перемещения инфракрасного излучателя (от изменения ширины РЩ).

Зависимости выходных напряжении ( $U_1, U_2$ ) фотозлектрических преобразователей от изменения зазоров ( $L_1, L_2$ ), измеренных тестером типа DT9205A, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

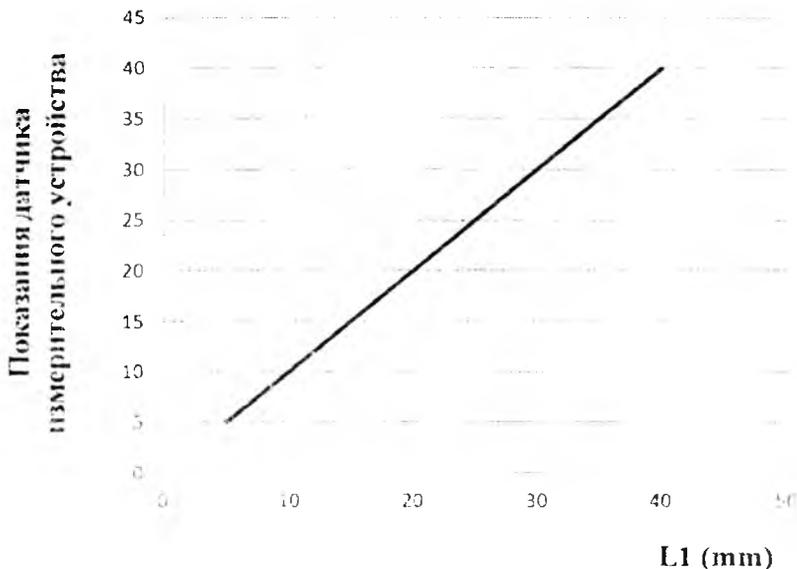
L1 (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U1 (v)	4,13	3,3	2,3	1,72	1,34	1,09	0,9	0,75	0,64
L2 (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U2(v)	4,13	3,3	2,3	1,72	1,34	1,09	0,9	0,75	0,64

Зависимости показаний дисплея микропроцессорного устройства контроля от изменении ширины РЩ УА приведены в табл.3.2.

Таблица 3. 2

L1 (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
П/Д	0	5	10	15	20	25	30	35	40
L2 (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
П/Д	0	5	10	15	20	25	30	35	40

График зависимости выходных (обработанных) сигналов от изменения ширины РЦ приведен на рис.3.19. Из графика видно, что зависимость выходного сигнала фотоэлектрического датчика от изменения ширины РЦ УА близка к линейной.



*Рис.3.19. График зависимости показаний датчика измерительного устройства от изменения ширины РЦ УА L1*

## ГЛАВА 4. Система автоматического контроля положения направляющих колес полунавесной хлопкоуборочной машины МХ-1,8

---

### *4.1. Модернизированный первичный преобразователь системы УПР-1 применительно к системе автоматического контроля положения направляющих колес хлопкоуборочной машины МХ-1,8*

Как было отмечено выше, расположение УА и направляющих колес за кабиной водителя в полунавесных ХУМ затрудняет визуальный контроль за его работой и усложняет управляемость машины при разворотах и заездах на новые рядки, при маневрировании для выгрузки собранного в бункер урожая в тележку. Эти и другие факторы в совокупности снижают сменную производительность и агротехнические показатели машины.

По данной причине авторами работы были проведены исследования по разработке и внедрению автоматизированного устройства контроля угла поворота направляющего колеса полунавесной ХУМ, облегчающее управляемость агрегата в вышеуказанных условиях.

К настоящему времени разработан ряд методов и средств визуального контроля угла поворота направляющих колес тракторов и сельхозмашин.

Угол поворота направляющих колес полунавесной ХУМ можно автоматически контролировать применением: индукционных, потенциометрических, фотоэлектрических датчиков, датчиков Холла и методами ориентира на направляющего указателя. Ниже вкратце рассмотрим некоторые из них.

Модернизация УПР-1 применительно к измерению угла поворота направляющих колес ХУМ серии МХ, заключалась, как было указано выше в п. 1.1, во внесении изменений не только в механическую часть, но и в электронный блок. Вызваны эти изменения тем, что УПР-1

выполняла задачу по передаче угла отклонения русл кукурузоуборочного аппарата от рядков стеблей величиной не более  $30^\circ$  от оси рядка. Так как угол поворота управляющих колес ХУМ серии ХМ имеет величину  $60^\circ$  и более в одну сторону, то требуется доработка - модернизация электронного блока с целью расширения диапазона измерения индуктивного преобразователя угла поворота колес.

Индуктивный датчик системы УПР-1 состоит из металлического каркаса, в котором помещена внешняя обмотка и находящейся в ней вращающийся ротор. На датчик подаётся переменное напряжение из электронного блока, который питается от аккумулятора трактора от 9 до 13 В. При вращении ротора изменяется выходное напряжение.

Снятие статической характеристики индуктивного датчика УПР-1 производилось на стенде, имеющемся на кафедре в лаборатории «Автоматизация сельхозмашин и тракторов»[40], который был модернизирован и приспособлен для снятия характеристики исследуемого датчика. Стенд состоит (рис.4.1) из электрически связанных понижающего трансформатора Тр, индуктивного измерительного преобразователя (ИП) 1, потенциметрического ИП 3, индуктивного датчика УПР 5 вольтметров V1 и V2, выключателей ВК1 (сеть), ВК<sub>1</sub>, ВК<sub>2</sub> и ВК<sub>3</sub> (соответственно для подключения индуктивного ИП, потенциметрического ИП и индуктивного датчика), сигнальных лампочек ЛС1- выключателя сети, ЛС2- выключателя потенциметрического ИП и ЛС3 индуктивного датчика. Для измерения линейного перемещения сердечника индуктивного ИП служит микрометр, угловое перемещение подвижного контакта потенциметрического ИП измеряется транспортиром- 4 , а для датчика УПР-1 служит градуированная шкала, которая будет указывать, на какой градус отклонился шкив датчика 5.

Лабораторные испытания преобразователя угла поворота колес проведены согласно методике, описанной в [40]. В результате проведенного испытания установили, что диапазон измерения угла поворота датчика составляет от 0 до  $10^\circ$ , что явно недостаточно для использования его на ХУМ,

датчик имеет нелинейную характеристику и большой разбаланс относительно средней точки.

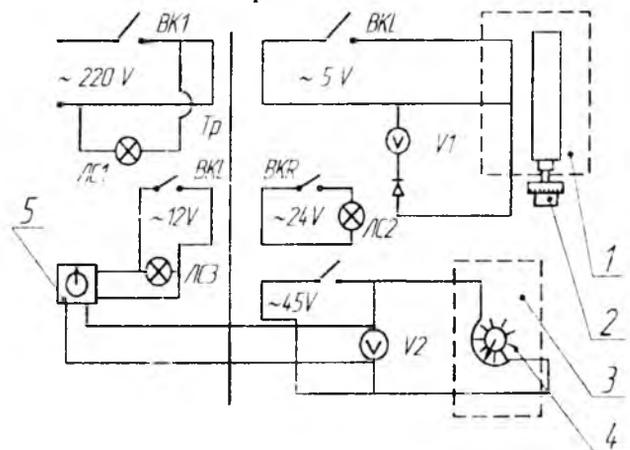


Рис.4.1. Принципиальная схема лабораторного стенда для снятия статической характеристики датчиков перемещения

С целью расширения диапазона измерения преобразователя угла поворота колес внесены изменения в электронный блок УПР-1 (рис.4.2), внесением корректирующих цепей в схеме преобразователя. При этом на входы каждого канала (левого и правого поворота) измерения были дополнительно введены RC цепочки, с помощью которых сделана попытка расширения диапазона измерений угла поворота колес до  $60^\circ$ .

Экспериментальные исследования по снятию характеристики датчика угла поворота и устройстве измерения проводились в следующих условиях:

Температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$  .....  $30 \pm 5$

Влажность окружающей среды, %.....  $30 \pm 10$

Напряжения питания от источника типа АГАТ, В ...  $11 \pm 1$

В результате проведенной коррекции и экспериментального исследования установлена неэффективность применения корректирующей цепочки для расширения угла поворота колес, так как при этом измерения угла поворота по

обратному ходу (по возвращению колес к исходному нулевому

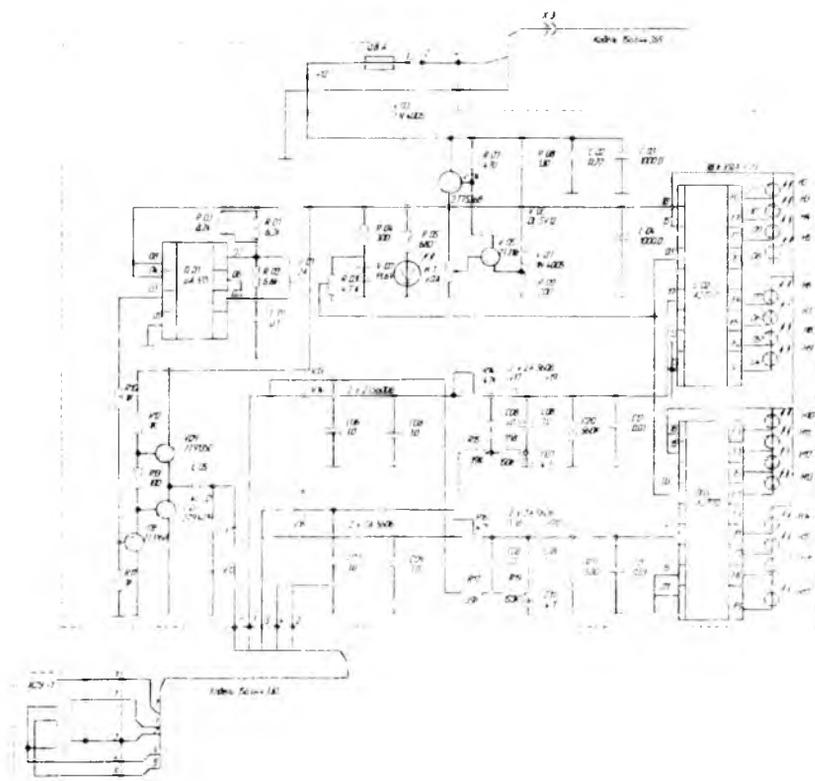


Рис.4.2. Схема электрическая электронного блока УПР-1

положению) происходило с большой инерционностью (запаздыванием) и это обусловило необходимость поиска дополнительного метода расширения диапазона измерения.

Было предложено использовать делители напряжения и тока на входах канальных преобразователей. Произведен расчет и экспериментально определены номиналы делителей напряжения по каждому каналу измерения.

В результате экспериментального исследования датчика и окончательной настройки и подбора элементов делителей напряжения и тока диапазон измерения угла поворота устройства расширен до 40 - 45°, что не вполне удовлетворяет требованиям к работе САК положения направляющих колес ХУМ. В связи с этим сделана попытка по использованию корректирующих цепей в схеме преобразователя. При этом на входы каждого канала (левого и правого поворота) измерения поворота были дополнительно введены RC цепочки, с помощью которых сделана попытка расширения диапазона измерений угла поворота колес до 60°. Однако при этом измерения угла поворота по обратному ходу (по возвращению колес к исходному нулевому положению) происходили с большой инерционностью (запаздыванием).

Для проверки работоспособности и эффективности САК положения направляющих колес полунавесной на трактор ХУМ в полевых условиях и влияния её на точность направления машины на рядки хлопчатника, в уборочном сезоне 2012 года на ОПБ ОАО «БМКБ-Агромаш» проведены предварительные испытания, результаты которого показали, что работоспособность САК положения задних направляющих колес, удовлетворительная. По мнению механика-водителя ХУМ, она облегчает управление машиной, особенно при развороте и заезде на новые рядки за счет непрерывного измерения угла поворота и подачи результатов в кабину водителя.

Недостатком рассмотренного устройства контроля, кроме низкого диапазона контроля, является то, что видимость светодиодов - индикатора электронного блока ухудшается, когда лучи солнца напрямую попадают в кабину, в частности, на щиток приборов, где он размещен. Другими недостатками этого датчика является нелинейность характеристики, недостаточная надежность и др.

#### *4.2. Анализ устройств дискретного контроля углов поворота валов и оценка погрешности*

Целью выбора ПП для измерения (контроля) угла поворота направляющего колеса ХУМ, удовлетворяющего требованиям надежности конструктивного исполнения при частых поворотах колёс свыше  $60^0$  в условиях работы в хлопковом поле, в т.ч. при езде поперек грядок, проведен обзор и анализ известных способов, датчиков контроля, преобразователей и устройств контроля (измерения) углов поворота различных рабочих органов.

Для контроля угла поворота валов, вращающихся частей механизмов можно использовать сельсинные пары, вращающиеся трансформаторы, индукционные трансформаторные датчики, дифференциальные и емкостные датчики и т.п. с выводом информации на светодиодные индикаторы.

Недостатки указанных устройств заключаются в следующем.

Дифференциальные трансформаторные датчики, в том числе и III, использованный в системе УПР-1, имеют нелинейные характеристики. В связи с этим измерения угла поворота колёс осуществляются в узком диапазоне, т.е. диапазон измерения угла поворота равен  $0-35^0$ . В этой связи, из – за применения в качестве отображения информации в САК положения задних направляющих колёс ХУМ светодиодных индикаторов, трудно оценить значения углов поворота.

Известны устройства контроля угла поворота вала с цифровым выводом индикации на базе дифференциального трансформаторного датчика, а также автоматизированное устройство измерения угла поворота вала или оси на базе микроконтроллера имеющие аналогичные недостатки.

В связи с этим авторами работы предложено автоматизированное цифровое устройство контроля углов поворота колёс сельхозмашин, на базе фотоэлектрических датчиков с цифровым выводом информации.

При этом надо отметить, что качество средств и результатов измерений, контрольно-измерительные приборы (КИП) принято характеризовать указанием их погрешностей. Однако характер проявления и причины возникновения погрешностей как средств, так и результатов измерений весьма разнообразны. На практике установилось деление погрешностей на ряд разновидностей, за каждой из которых закреплено определенное наименование.

Согласно методу вероятностей оценки погрешности КИП, основными видами погрешностей КИП мобильных машин, в частности, сельхозмашин являются: относительная погрешность; среднеквадратическое отклонении (СКО); электромагнитный коэффициент установленного закона распределения плотности; эксцесс; контрэксцесс и. т. д.

В связи с этим в работе проведены исследования по определению погрешности дискретизации, обусловленной шагом его квантования. Для чего, согласно равномерному закону размещения датчиков процесс дискретизации по уровню измеряемой функции  $f(X)$  левого/правого угла поворота можно представить в виде графика равномерного квантования по уровню. Отметим, что исследования значений случайной погрешности можно проводить над одним шагом квантования на участке от  $X_1$  до  $X_2$ . При этом предположим, что измеряемые углы поворота колес СХМ может иметь случайные величины, принимающие значения в пределах некоторого конечного интервала от  $X_1$  до  $X_2$  (рис.4.3) постоянной плотностью вероятностей. Его функция распределения (рис.4.3, а) на участке от  $-\infty$  до  $X_1$  равна нулю, на участке от  $X_1$  до  $X_2$  линейно возрастает от 0 до 1, а на участке от  $X_2$  до  $+\infty$  равно 1. Согласно [57] плотность вероятностей такого распределения имеет вид, приведенной на рис.4.3, б и записывается как:

$$\begin{cases} p(x) = 1/(x_2 - x_1) = const & \text{при } X_1 < X < X_2 \\ p(x) = 0 & \text{при } X < X_1 \text{ и } X > X_2 \end{cases} \quad (4.1)$$

Максимальная ошибка квантования по уровню будет равна  $\Delta_{\text{куmax}} = q/2$ . Аналогичным образом в результате квантования функции  $F(X) = \lambda(t)$  можно выбрать ряд её дискретных значений.

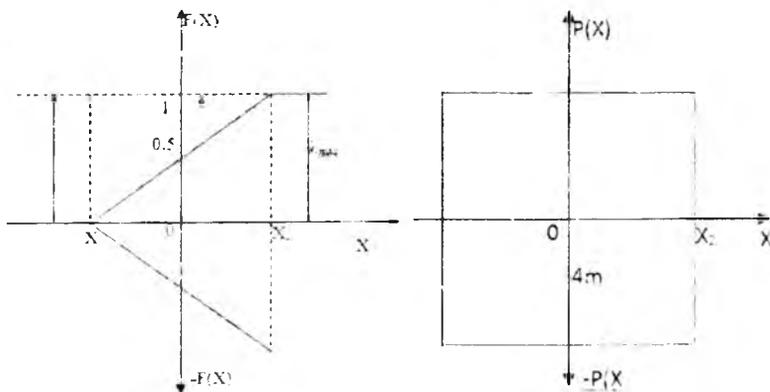


Рис. 4.3. Графики функции распределения измеряемой величины

Таким образом, функцию, описывающую весь диапазон угла поворота колеса МТА (все  $90^0$ ), можно делить на  $N$  число уровней квантования. При этом числа уровней квантования  $N$  будет на единицу больше числа интервалов  $N-1$ .

Поскольку углы поворота, т.е. сообщение  $\lambda(t)$ , ограничено диапазоном от

$$\lambda_{\text{min}} \text{ до } \lambda_{\text{max}} \text{ (от } 0 \text{ до } 90^0 \text{), то } N - 1 = (\lambda_{\text{min}} - \lambda_{\text{max}})/q \quad (4.2)$$

при  $\lambda_{\text{min}} = 0$

$$N = (\lambda_{\text{max}}/q + 1). \quad (4.3)$$

Точность преобразования (квантования) можно задать в виде приведенной относительной погрешности  $\gamma_{\text{кв}}$  ( $\lambda_{\text{кв}}$ ) (в процентах). По определению

$$\gamma_{\text{кв}} = (\Delta_{\text{ку}} \cdot 100) / (\lambda_{\text{max}} - \lambda_{\text{min}}) \quad (4.4)$$

При описанном методе квантования погрешность не может превышать  $q/2$ , т.о. считая  $\lambda_{\text{min}} = 0$  получим

$$\gamma_{\text{кв}} = (q \cdot 100) / (2\lambda_{\text{max}}) \quad (4.5)$$

и шаг квантования

$$q = (2\lambda_{\text{max}} \gamma_{\text{кв}} / 100) \quad (4.6)$$

Предположим если необходимо произвести квантование непрерывной функции изменявшейся от 0 до 90° с точностью  $\gamma_{\text{кв}} = 1\%$ , то согласно (4.5)  $q = 1.8^\circ$ . Из (4.6) определим, что необходим 51 уровень квантования.

Среднеквадратичное значение погрешности квантования по уровню

$\sigma_{\text{к.у.ск}} = q / 2\sqrt{3}$ , т.е. в  $\sqrt{3}$  раз меньше максимальной ошибки.

Если датчики размещать через 5° по углам поворота статора, то среднее квадратичное значение погрешности квантования по уровню составляет:

$$\sigma_{\text{к.у.ск}} = 5^\circ / 2\sqrt{3} = 1,43.$$

Тогда число уровней квантования

$$N = (\lambda_{\text{max}} / q) + 1 = 90 / 5 + 1 = 17.$$

Максимальные (правые и левые) углы поворота равны по 90° и шаги (квантования) дискретности выбраны  $q = 2,5$ , то погрешность соответствующая  $q = 2,5$  составляет

$$j_{\text{мд}} = q \cdot 100 / 2\lambda_{\text{max}} = 2,5 \cdot 100 / 2 \cdot 90 = 250 / 180 = 1.38\%$$

Изменяя шаг дискретности размещения датчиков, можно ещё раз убедиться в равномерности распределения погрешности дискретизации датчиков и поэтому можно принять равномерным.

Тогда  $v_{\text{мд}} = 1,38$  можно считать основной шириной этого распределения и найти с.к.о. как

$$\sigma_{\text{д}} = v_{\text{мд}} / \sqrt{3} = 1,38 / \sqrt{3} = 0,82\%.$$

Согласно [57] для равномерного распределения определим параметры погрешности: энтропийный коэффициент  $k=1,73$ ; эксцессе  $\epsilon_1=1,8$ ; контрэксцессе  $\chi=0,745$ .

#### 4.3. Микропроцессорное устройство контроля положения направляющих колес хлонкеуборочной машины МХ-1,8

С учетом полученных результатов исследований по разработке САК положения задних направляющих колес ХУМ МХ-1,8 системы УИР-1 с индуктивным датчиком авторами разработано устройство контроля угла поворота ведущего колеса МТА с применением микропроцессорной техники. Структурная схема устройства контроля приведена на рис.4.4.

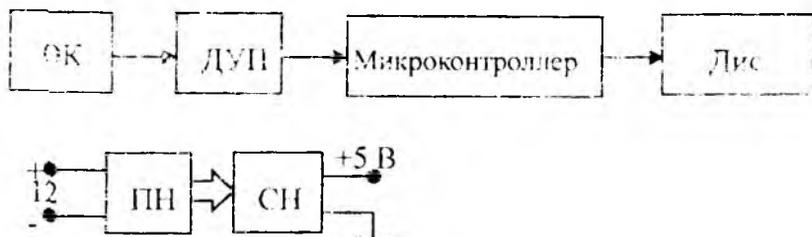


Рис.4.4. Структурная схема микропроцессорного устройства контроля угла поворота ведущего колеса ХУМ

Устройство состоит из следующих блоков: датчика контроля угла поворота ведущего колеса трактора (ДКУП), блока (приема) контроля и обработки информации (БПОИ), дисплея (Дис) и блока управления (БУ) работой устройства контроля и блока преобразования и стабилизации напряжения (БПСН).

Датчик контроля угла поворота состоит из кругло-вращающегося потенциометра и служит преобразователем (чувствительным элементом), преобразующим изменения

угла поворота ведущего колеса на изменение величины сопротивления. Диапазон угла поворота датчика составляет  $\pm 90^\circ$ . Блок приема и обработки информации состоит из программируемого микроконтроллера (МК), интерфейсного разъёма для записи программы приема и обработки информации и согласующих элементов. Дисплей построен на шести секционных 8 разрядных светодиодных индикаторов и служит для наглядного отображения угла поворота ведущего колеса. (БУ). Кроме этого, устройство содержит выключатель (тумблер) сети для подачи и отключения питания устройство контроля. Блок преобразования и стабилизации напряжения (БПСН) состоит из стабилизатора напряжения. Устройство работает согласно программс, заложенной в память микроконтроллера. Алгоритм работы микропроцессорного устройства контроля приведен на рис.4.5.

Принцип работы устройства заключается в следующем: после подачи питания тумблером сети устройство контроля угла поворота считается готовым к работе. Направляющее колесо МГА может находиться в положении прямо, т.е. параллельно продольной оси агрегата - к направлению движения по прямой, что соответствует нейтральному его положению, повернуться в левую или в правую сторону. В нейтральном положении колеса подвижная щетка (выход) кругло вращающегося потенциометра находится в среднем положении, т.е. (угол поворота  $\varphi$  колеса от нейтрального положения будет равен нулю). При  $\varphi = 0^\circ$  выходное сопротивление потенциометра будет равно значению  $R_0$ . При изменении положений колеса в любую сторону выходное сопротивление потенциометра меняется. Выход потенциометра подключён на аналоговый вход порта микроконтроллера МК (блока приёма и обработки информации). В память МК записана программа, реализующая заданный алгоритм приема, обработки и выдачи управляющих сигналов и обработанных данных на дисплей.

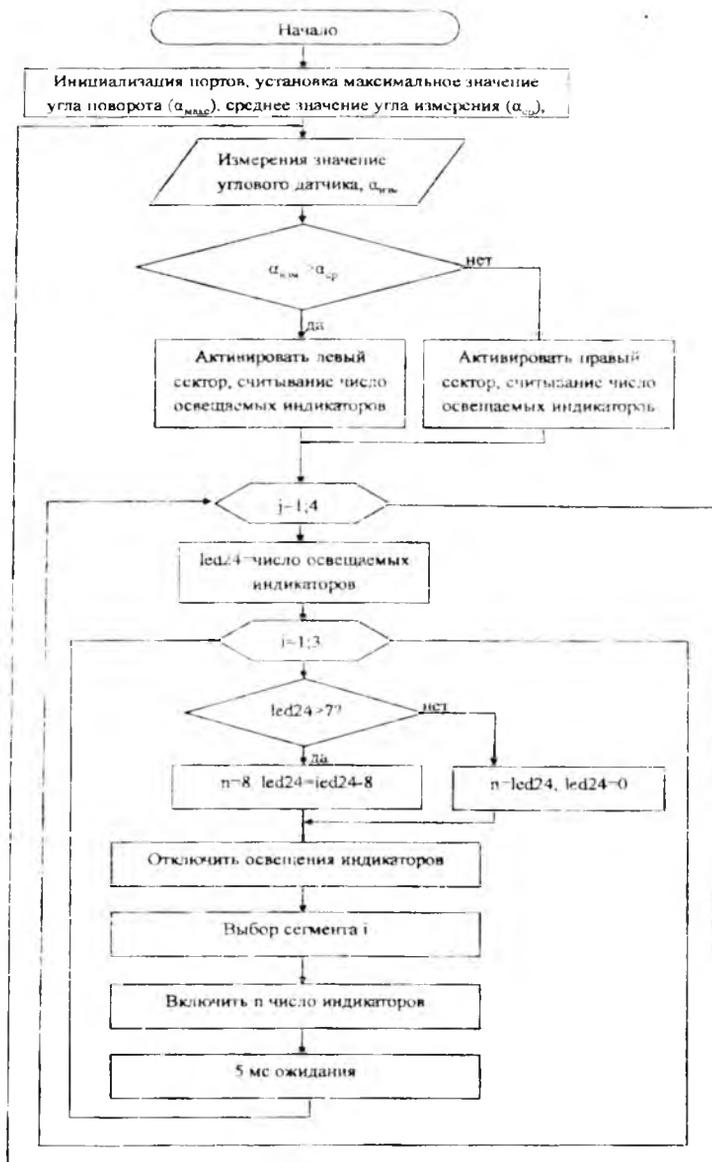


Рис.4.5. Алгоритм работы устройства контроля направляющего колеса ХУМ

При этом, если входное сопротивление потенциометра доходит до значения  $R_{вх} > R_{зэл}$ , то МК это значение сравнивает с заданным и если это значение будет равно или меньше заданного, установленного в память МК, он формирует управляющей сигнал, подключающий левый сектор дисплея. Если входное сопротивление будет превышать заданного ( $R_{вх} \geq R_{зэл}$ ), то МК формирует управляющей сигнал подключающий правый сектор дисплея.

Дисплей, построенный на базе светодиодных индикаторов, разделен на два сектора: левый и правый части секторов. Индикаторы, расположенные в левой части сектора дисплея покажет левые углы поворота колеса, а индикаторы, расположенные в правой части сектора дисплея, предназначены для отображения правых углов поворота колеса. Каждая часть сектора дисплея дополнительно разбита на три секции и состоит из трех секционных 8-разрядных светодиодных индикаторов. При этом с 1-й по 7-й светодиодные индикаторы входят в первую секцию, с 8-ой по 15-ую светодиодные индикаторы входят во вторую секцию, с 16-ой по 23-ью светодиодные индикаторы входят в третью секцию левой части сектора дисплея. На такие же секции разбиты светодиодные индикаторы правого сектора дисплея. Всего в дисплее, для отражения угла поворота, содержится 48 светодиодных индикаторов.

Каждая секция дисплея управляется отдельными управляющими сигналами, подающимися по адресным шинам управления. Формирование адресных управляющих сигналов зависит от величины угла поворота колеса.

Каждая секция дисплея рассчитана на измерение (отражение) до  $30^0$  угла поворота, т.е. светодиодные индикаторы левой части сектора дисплея рассчитаны для контроля левого угла поворота до  $-90^0$ , а светодиодные индикаторы правой части сектора дисплея рассчитаны для контроля правого угла поворота колеса до  $+90^0$ .

При малейшем изменении угла поворота ведущего колеса ХУМ в левую или в правую сторону, сопротивление потенциометра, соответственно линейно меняется, а

изменение величины сопротивления принимается аналоговым портом ввода/вывода МК. Принятая информация обрабатывается блоком обработки, далее сравнивается с заданным (установленным) значением и на выходе порта ввода/вывода формируется управляющий сигнал, разрешающей подачу питания на адресную шину соответствующую секцию и сектор светодиодных индикаторов. Одновременно с этим на соответствующих разрядах другого порта ввода/вывода формируется логический сигнал «1», который подается на общую шину данных светодиодных индикаторов, от которых загораются светодиодные индикаторы, огражающие углы поворота направляющего колеса МТА.

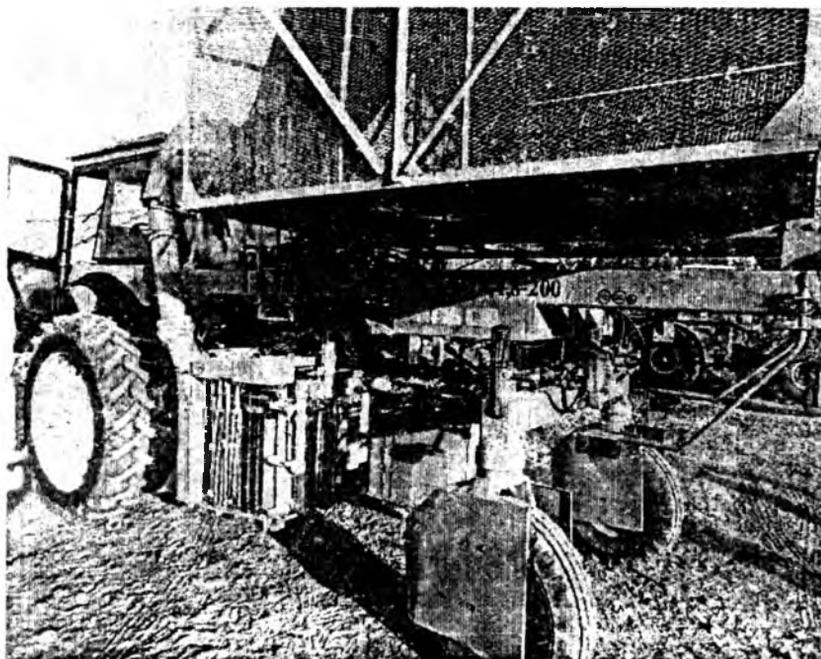
Для обеспечения стабильности работы устройства использован преобразователь - стабилизатор напряжения, преобразующий напряжение бортовой аккумуляторной батареи на 5 вольт.

#### *4.4. Реализация разработанных микропроцессорных систем контроля ширины рабочей щели уборочного аппарата, положения направляющих колес опытной хлопкоуборочной машины МХ-1,8 и апробация их в полевых испытаниях*

Разработанное и изготовленное устройства автоматического контроля и управления были установлены на опытную ХУМ МХ-1,8-200 (цифра 200, присвоенная как одному из 6 опытных ХУМ, прошедших полевые испытания в 2013 году под эгидой ОАО «ТТЗ») в агрегате с трактором ТТЗ-811 для проведения сравнительных испытаний по агротехнической оценке в полевых условиях.

Опытная ХУМ МХ-1,8-200 с модернизированными рабочими органами УА: шпиндельные барабаны с механизмом завода кустов (МЗК), щеточные съемники с наклонными планками, механизм регулирования рабочей щели (МРЩ) с гидравлическим приводом, а также с микропроцессорными системами автоматического контроля

ширины РИЦ (на базе фотоэлектрического датчика) и положения задних направляющих колес (на базе потенциометрического датчика) была собрана и подготовлена к полевым испытаниям к уборочному сезону 2013 года в экспериментальном цехе СКБ «Трактор» ОАО ТТЗ.

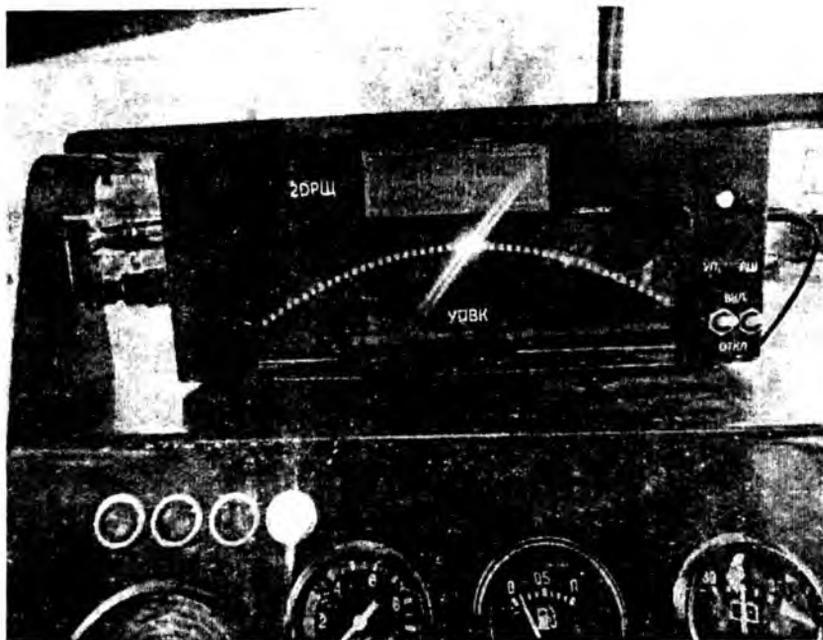


*Рис.4.6. ХУМ МХ-1,8-200 с разработанными в ТаШГТУ рабочими органами и устройствами*

Указанная машина-прототип - ХУМ МХ-1,8-200 (рис.4.6) с вышеперечисленными модернизированными рабочими органами и устройствами проходила сравнительные лабораторно-полевые испытания по агротехнической оценке в Узбекском государственном центре сертификации и испытаний новых технологий и техники (УзГЦИТТ).

Установка светодиодного индикатора (дисплея) угла поворота направляющего колеса и монитора контроля

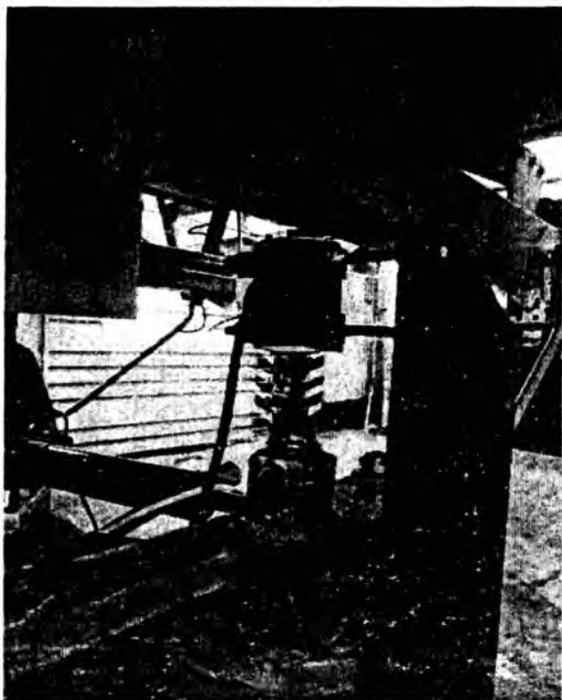
ширины РЩ УА в кабину агрегатируемой с ХУМ трактора и потенциометрического ПП угла поворота направляющего колеса на оси вилки заднего, левого по ходу колеса ХУМ МХ-1,8 показана на рис.4.7 и 4.8, соответственно.



*Рис.4.7. Установка в кабине трактора светодиодного индикатора угла поворота направляющего колеса и монитора контроля ширины РЩ УА ХУМ МХ-1,8*

Программой лабораторно-полевых испытаний были предусмотрены:

- проверка в хозяйственных условиях работоспособности модернизированных устройств контроля рабочих щелей УА и положения задних направляющих колес с потенциометрическим ПП, а также шпиндельного барабана с МЗК, щеточного съемника с наклонными планками и МРЩ с гидравлическим приводом;



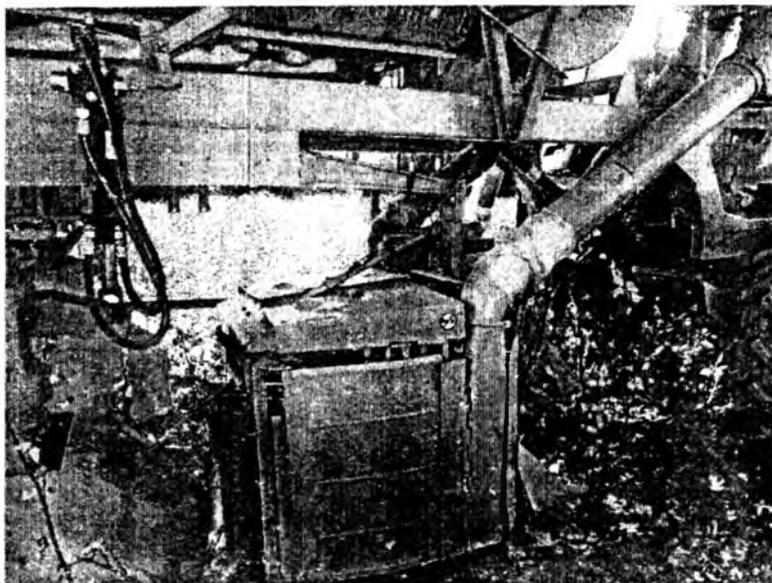
*Рис.4.8. Установка потенциометрического ПП на оси вилки направляющего колеса ХУМ МХ-1,8*

- определение АТН ХУМ МХ-1,8-200, оборудованной модернизированными рабочими органами и устройствами по стандартной методике.

Сравнительные с серийной МХ-1,8 лабораторно-полевые испытания опытной ХУМ МХ-1,8-200 по агротехнической оценке в УзГЦИТТ были проведены в период с 24.09.2013 г. по 11.10.2013 г. на полях фермерского хозяйства «Чорвадор» Куйи-Чирчикского района Ташкентского вилоята при следующих агротехнических условиях [72]:

- сорт хлопчатника .....С-6524
- размеры (высота/ширина) кустов, см.....101,6/39,46
- процент раскрытия коробочек.....93,9

- урожайность по раскрытому хлопку-сырцу, ц/га.....46.66



*Рис. 4.9. ХУМ МХ-1,8-200 в полевых испытаниях*

Результатами испытаний по агротехнической оценке [72] установлено, что за однократный сбор полнота сбора хлопка-сырца получено 85,13 % на испытываемой и 79,61 % на сравниваемой машинах (по TS[76] не менее 85 % от созревшего урожая). За два прохода машины (второй проход сразу после первого сбора, т.е. по нетрадиционной технологии двукратного сбора) полнота сбора также выше у испытываемой машины -93,99% против 90,7 % у сравниваемой, т.е. опытная машина на первом сборе на 5,52%, а на втором сборе на 3,29% больше собрала хлопка-сырца, чем серийная. При этом установленные на опытную машину устройства автоматического контроля полноценно участвовали в технологическом процессе сбора хлопка-сырца.

## ГЛАВА 5. Вопросы разработки комплексной бортовой микропроцессорной системы контроля и управления параметрами хлопкоуборочной машины

---

### *5.1. Локальные системы автоматического контроля параметрами и процессами хлопкоуборочной машины*

#### *5.1.1. Система автоматического контроля кинематических параметров уборочного аппарата*

*Система автоматического контроля частоты вращения шпинделей.* Как было указано в п.1.3, клиноременный привод шпинделей и работа с реверсированием обуславливает актуальность оснащения УА САК частотой вращения шпинделей. На кафедре «Автоматизация и управление» ГашГТУ разработаны САК частоты вращения шпинделей двух вариантов – на базе фотоэлектрического датчика и на основе постоянного магнита.

*А) Устройство для контроля скоростей вращения шпинделей ХУМ на базе фотоэлектрического датчика[58].* На рис.5.1 представлена структурная схема устройства. Устройство содержит датчик 1 прохождения шпинделей, первый пороговый элемент 2, блок 3 управления периодом измерения, элемент И 4, датчик 5, например, фотоэлектрический, второй пороговый элемент 6, пересчетную схему 7, счетчик 8 импульсов, дешифратор 9, индикатор 10, блок 11 сброса информации начала испытаний, шпиндели 12, шпиндельные барабаны 13, черно-белые секторы 14.

Датчик 1, например, индуктивный, через пороговый элемент 2 соединен со входом блока 3 управления периодом измерения шпиндельного барабана 13, выход которого соединен с первым входом элемента И 4, второй вход последнего соединен через второй пороговый элемент 6 с выходом фотоэлектрического датчика 5 определения скорости вращения шпинделей, а выход схемы И 4 соединен через

пересчетную схему 7 с входом счетчика 8 импульсов, выход последнего соединен через дешифратор 9. С входом цифрового индикатора 10.

Устройство работает следующим образом.

Шпиндели 12, вращаясь вокруг своей оси и перемещаясь вместе со шпиндельным барабаном, проходят мимо неподвижного индуктивного датчика 1 и фотоэлектрического датчика 5. Импульсы о прохождении шпинделей 12 передаются от индуктивного датчика 1 на пороговый элемент 2 и считываются в блоке 3 управления периодом измерения шпиндельного барабана 13. В течение заданного времени, т.е. до установленного оборота шпиндельного барабана 13 (для определения среднего значения скорости и вращения шпинделей достаточно 10 оборотов шпиндельного барабана), на выходе блока 3 управления периодом измерения шпиндельного барабана 13 имеется логическая единица, логический элемент И 4 открыт.

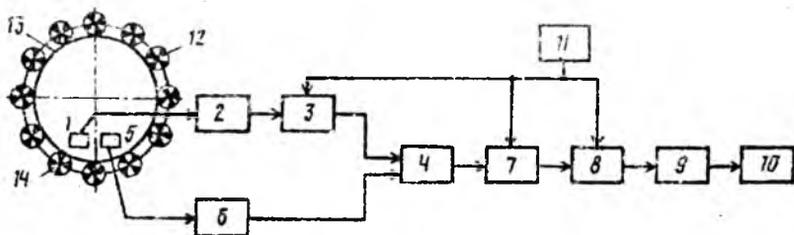


Рис. 5.1. Структурная схема устройства контроля скоростей вращения шпинделей на базе фотоэлектрического датчика

Черно-белые секторы 14, нанесенные на поверхность головки шпинделей 12, на выходе фотоэлектрического датчика 5 вызывают появление импульсов, пропорциональных скорости вращения шпинделей 12, которые формируются пороговым элементом 6 и подаются на второй вход элемента И 4. Поскольку первый вход элемента И

4 совпадения открыт, то импульсы, пропорциональные скоростям вращения шпинделей 12, с выхода элемента И 4, поступают на вход пересчетной схемы 7. Назначением пересчетной схемы 7 является получение информации о среднем значении скорости вращения шпинделей 12. Импульсы с выхода пересчетной схемы 7 поступают на вход счетчика 8 импульсов. На выходе блока цифровой индикации будет отображаться среднее значение скорости вращения шпинделей одного барабана.

Б) *Устройство для контроля вращения шпинделей на базе постоянных магнитов*[59]. На рис.5.2а представлена структурная (функциональная) схема устройства, а на 5.2б – блок управления. Устройство содержит датчики 1 и 2 вращения барабана и вращения шпинделей 3, постоянные магниты 4, жестко укрепленные по четыре на каждом шпинделе, пороговые элементы 5 и 6, блок 7 управления, шпиндельный барабан 8, сигнализатор 9, который включен в блок 7 управления, распределитель 10 импульсов, первый элемент И 11, вторые элементы И 12, первый счетчик 13, третьи элементы И 14, первый дешифратор 15, первый индикатор 16, блок 17 ключей, пересчетный блок 18, вторые счетчики 19, второй дешифратор 20, второй индикатор 21. Устройство работает следующим образом.

Шпиндели 3, перемещаясь и вращаясь вокруг своей оси, проходят мимо неподвижных датчиков 1 и 2. Импульсы о прохождении шпинделей 3 передаются от датчика 1 на первый пороговый элемент 5 и подсчитываются в блоке 7 управления. В течение заданного времени, т.е. до установленного оборота шпиндельного барабана 8, на первом выходе блок 7 управления имеет логическую единицу, которая держит в незапертом состоянии первый вход первого элемента И 11. Постоянные магниты 4, установленные на головках шпинделей 3, на выходе датчика 2 вызывают появление импульсов, пропорциональных скорости вращения шпинделей 3. При каждом прохождении шпинделей 3 мимо датчика 1, на его выходе появляется один импульс, который одновременно служит и запускающим тактовым

импульсом распределителя 10. Количество выходов распределителя 10 равно 12, т.е. соответствуют количеству шпинделей одного барабана.

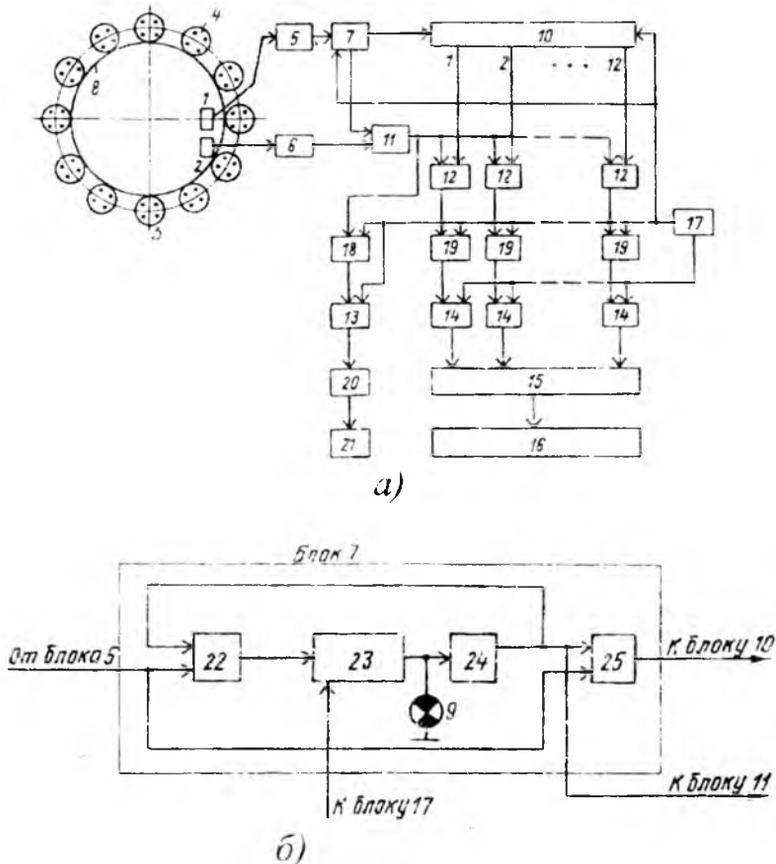


Рис. 5.2. Структурная схема САК частоты вращения шпинделей на базе постоянных магнитов

Таким образом, при каждом поступлении импульса от датчика 1 на соответствующем выходе распределителя 10 появляется один импульс.

Поскольку первый вход первого элемента И 11 открыт, то импульсы, пропорциональные скоростям вращения

шпинделей 3, с выхода первого элемента И 11 поступают на первые входы вторых элементов И 12 и пересчетного блока 18, коэффициент пересчета которого равен числу оборотов испытания шпиндельного барабана (в данном случае скорость вращения шпинделей проверяется при 10 оборотах барабана, что достаточно для получения среднего значения скоростей вращения шпинделей барабана 8). Среднее значение скоростей вращения шпинделей поступает на первый счетчик 13, после которого осуществляется дешифрация информации и последняя отображается индикаторе 21, где можно судить о среднем значении скоростей вращения шпинделей 3 барабана 8.

Скорость вращения каждого шпинделя 3 контролируется следующим образом. В распределителе 10 первый импульс всегда появляется на его первом выходе, что обеспечивается нажатием кнопки сброса в блоке 17 ключей сброса и вывода информации. Поскольку с выхода первого элемента И 11 на первые входы вторых элементов И 12 одновременно поступают импульсы, пропорциональные скоростям вращения отдельных шпинделей 3, то в зависимости от появления импульсов на соответствующих выходах вторых элементов И 12 появятся импульсы, далее которые регистрируются (запоминаются) в шпиндельных (канальных) вторых счетчиков 19 в течение заданного оборота испытания шпиндельного барабана 8. Для перевода информации следует нажать на соответствующие кнопки блока 17 ключей, который осуществляет вывод и сброс информации, после которого двоично-десятичные импульсы поступают на вход первого дешифратора 15, дешифруются и отображаются в первом индикаторе 16 в десятичном виде, что дает возможность механизатору (испытателю) оценить кроме среднего значения скоростей вращения шпинделей скорость вращения каждого шпинделя.

Блок 7 управления приведен на рис.5.2, б и состоит из первого элемента И 22, пересчетного блока 23 с коэффициентом пересчета на 120, элемента НЕ 24, второго элемента И 25 и сигнализатора 9.

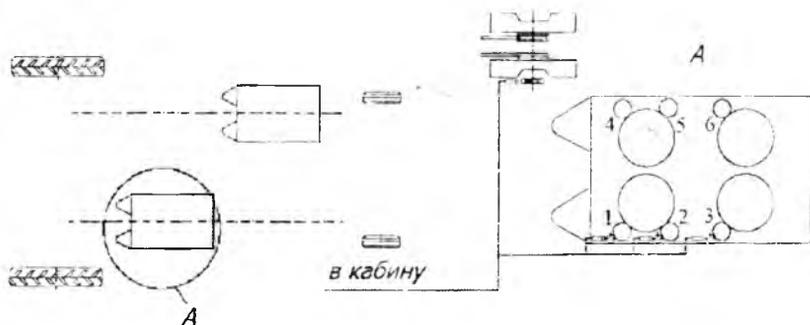
Принцип работы блока 7 управления заключается в следующем: в исходном состоянии на выходе пересчетного блока 23 имеется сигнал, соответствующий «0», а на выходе элемента НЕ 24 имеется сигнал, соответствующий «1», который одновременно держит в незапертом состоянии первые входы элементов И 22 и 25. Во время испытания вращения шпинделей импульсы о прохождении количества шпинделей одновременно поступают на вторые входы элементов И 22 и 25 и служат тактовыми импульсами распределителя 10 импульсов (рис.5.2, а). Импульсы, соответствующие количеству проходящих шпинделей 3, с выхода элемента 22 (рис.5.2, б) поступают на вход блока 23. Блок 23 подсчитывает до 120 импульсов, а на 21 импульсе, т.е. импульсе, соответствующем заданному обороту: на его выходе появится сигнал, соответствующий «1», который инвертируется элементом 24 и запирает первые входы элементов И 22 и 25, что означает окончание времени испытания. Далее элементы И 22 и 25 независимо от вращения шпиндельного барабана 8 не будут пропускать поступающие импульсы, а сигнализатор 9, загоревшийся в этот момент, оповещает испытателя об окончании времени испытания.

Использование данного устройства при выходем контроле качества изготовления и сборки шпиндельных барабанов позволяет улучшить их качество изготовления, а при оснащении ХУМ своевременно обнаружить шпиндели с отклонением кинематического режима от установленного, повысить АТГ и производительность машин.

*САК частоты вращения щеточных съемников и вентиляторов.* Одним из основных и наиболее нагруженных рабочих органов УА ВШ ХУМ являются щеточные съемники. Поэтому на них приходится наибольшее количество отказов [4]. В конструкции привода съемника крутящий момент от приводной шестерни на вал передается посредством резиновой втулки, которая при повышенных нагрузках может пробуксовываться, что приведет к нарушению технологического процесса сбора и потерям урожая.

Механик-водитель не может обнаружить данный отказ из-за отсутствия системы контроля.

С целью устранения указанного недостатка нами предложен САК частоты вращения щеточных съемников и вентиляторов, принципиальная и функциональная схемы которых приведены на рис.5.3 и 5.4.

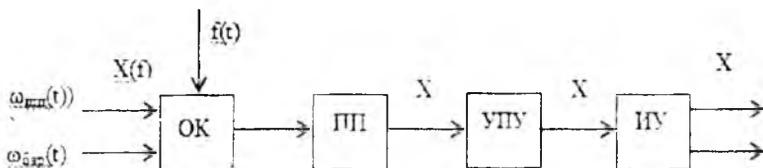


*Рис.5.3. Принципиальная схема САК частоты вращения щеточных съемников и вентиляторов: 1-6- шестерни съемников с индуктивными датчиками (для однорядного УА); 7, 8-зубчатые колесики с индуктивными датчиками, установленные на валах вентиляторов*

Для автоматизации контроля частоты вращения съемников, на верхние части разделительных валов установлены зубчатые шестерни и против шестерен на расстоянии около 10 мм установлены индуктивные датчики.

При подаче питания на автоматическом устройстве сигнализации, установленном в кабине ХУМ, будет гореть зелёная лампа, сигнализирующая о подаче питания на систему контроля. Если зубчатая шестерня вращается в пределах установленной скорости, то индикатор аварийной сигнализации не будет гореть. Незагорание индикатора принято за нормальный режим работы (вращения) съемников. Если зубчатые шестерни вращаются меньше установленной скорости, то семисегментный жидкостно-кристаллический индикатор, установленный в кабине водителя, отображает

номер зубчатой шестерни. Одновременно с отображением номера шестерни будет подаваться звуковой сигнал, оповещающий о «не нормальном вращении» соответствующего съемника.



*Рис. 5.4. Функциональная схема САК частоты вращения щеточных съемников и вентиляторов:*

*ОК – объект контроля – валы съемников и вентиляторов; ПП – первичный преобразователь (датчик) – индуктивные датчики; УПУ – усилительно-преобразующее устройство – импульсный дешифратор; ИУ – исполнительное устройство – жидко- кристаллический цифровой индикатор*

### ***5.1.2. Система автоматического контроля высоты расположения уборочного аппарата над поверхностью грядки***

Как было отмечено выше в п.1.2, в серийно-выпущенных навесных ВШ ХУМ ХН-3,6 и ХН-3.6-01 (выпуск их прекращен еще в начале 80-х годов), внедрена система автоматического копирования рельефа грядок УА устройства обеспечивает повышение полноты сбора хлопка-сырца за счет извлечения хлопка из нижних коробочек куста хлопчатника, вследствие постоянного поддержания УА на минимальном расстоянии от поверхности грядок. В настоящее время такая же система внедряется в машинах серии ХМ (МХ) с полнокомплектным использованием трактора. Однако при работе системы в многорядных машинах возникают инерционные перегрузки рамы, вызывающие пространственные колебания машины в шинах [25]. При этом

увеличиваются амплитуды колебаний крайних секций аппаратов, приводящие к «задиранию» одного конца блока аппаратов и «зарыванию» в землю другого в процессе движения машины. В настоящее время работы по созданию более совершенных систем автоматического копирования рельефа грядок хлопчатника продолжаются [45,51,54].

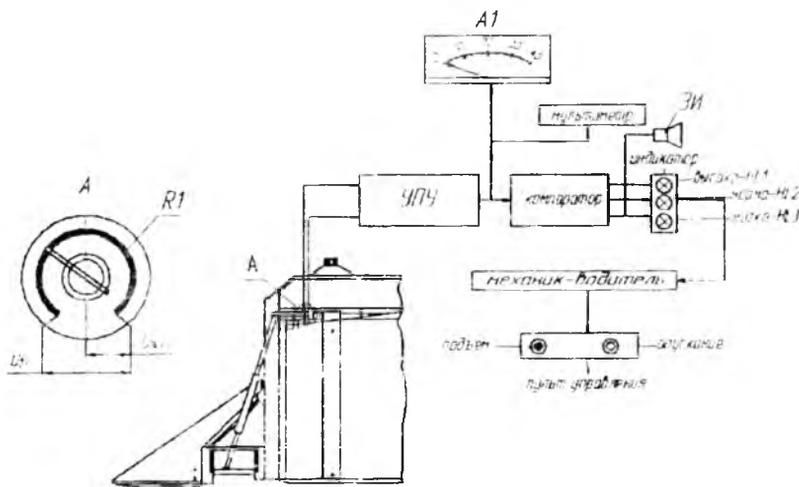
На кафедре «Наземные транспортные системы» ТашГТУ разработана САК высоты расположения УА от поверхности грядки [28]. Преимуществом этой системы относительно других являются: дешевизна, простота конструкции, обслуживания и эксплуатации, что особенно важно для разрабатываемых одно и двухрядных ХУМ для фермерских хозяйств.

САК состоит из потенциометрического датчика  $R1$  (переменный резистор), размещенного на оси щупа-копира (рис. 5.5), соединительных проводов, электронного блока, состоящего из узла индикации  $A1$ , усилительно-преобразующих устройств УПУ, компаратора, мультиметра, блоков звуковой индикации  $ЗИ$  и сигнализации.

Датчик представляет собой ползовидный щуп-копир, закрепляемый на рамке секции УА. К оси щупа вмонтирован преобразователь, преобразующий угол поворота резистора  $R1$  в электрический сигнал. При изменении высоты расположения УА относительно поверхности грядки изменяется и положение щупа, который приводит к изменению сопротивления датчика  $R1$ . Сигналы от датчика по линии связи поступают в электронный блок, собранный на пылезащищенном корпусе.

Изменение сопротивления датчика приводит к изменению напряжения, подаваемое в узел индикации  $A1$ . При среднем положении датчика  $R1$ , соответствующее оптимальному положению УА относительно поверхности грядки, через него потечет ток, создающий соответствующее падение напряжения на соответствующем резисторе компаратора, которое приведет к открытию электронного ключа и загоранию светодиода  $HL2$  (зеленого света-“норма”). При опускании аппарата больше допустимого (касания УА на

землю), вследствие поворота оси щупа сопротивление датчика R1, изменяется в большую сторону, в результате чего



*Рис.5.5. Размещения элементов САК высоты УА относительно поверхности грядки*

к откроется другой электронный ключ и загорается светодиод HL3 красного света с надписью “Низко”. При чрезмерно высоком положении аппарата, относительно поверхности грядки, сопротивление датчика изменяется в меньшую сторону, соответствующее изменению падения напряжения на R7- открывает транзистор VT1 и загорается сигнальная лампа HL красного света, информирующая водителя о том, что аппарат расположен “высоко”. При одновременном загорании двух ламп – зеленого и красного положения уборочного аппарата также соответствуют норме. Водитель воздействует на рычаг управления положением аппарата только в том случае, когда горит один из светодиодов красного света.

На лицевой панели блока расположены тумблер включения S1 и три сигнальные лампы-светодиоды: HL1, HL2 и HL3, которые предназначены для отражения положения УА

относительно поверхности грядки, соответственно, «высоко», «нормально» и «низко». В зависимости от загорания лампочек механик-водитель принимает решения и дает команду на «подъем» или «опускание», нажимая соответствующую кнопку в пульте управления. Предусмотрен также вариант со стрелочным индикатором, показывающим расстояния от вершины грядки до нижних дисков шпиндельных барабанов.

### **5.1.3. Система автоматического контроля качества сбора урожая**

Компоновка элементов САК качества сбора урожая ХУМ приведена на рис.5.6. На рис.5.7. а,б приведены её функциональная и структурная схемы. Принцип автоматизации контроля качества сбора урожая заключается в следующем: камера, установленная на переднем капоте (части) трактора ХУМ контролирует, дает информацию, позволяющую оценить общую урожайность по раскрывшейся части урожая хлопа-сырца на собираемом участке(рядке хлопчатника) поля. Камера, установленная за УА, получает информацию о количестве оставленного на кустах и сбитого на землю урожая.

Основной и наиболее сложной частью САК является цифровая камера - первичный преобразователь (ПП), который должен преобразовывать количества несобранного и сбитого на землю урожая в пропорциональный электрический сигнал. За его основу взята разработанная в ТашГТУ система технического зрения (СТЗ) [48]. Принцип работы СТЗ заключается в следующем: в зависимости от степени белизны объекта контроля, т.е. участка грядки хлопкового поля, сканируемого объективом СТЗ, отраженные солнечные лучи от хлопка-сырца попадают на объектив, далее воспринимаются и преобразуются электронно-оптическим преобразователем в оптическое изображение. Интенсивность оптических сигналов соответствует степени белизны участка грядки хлопкового поля.

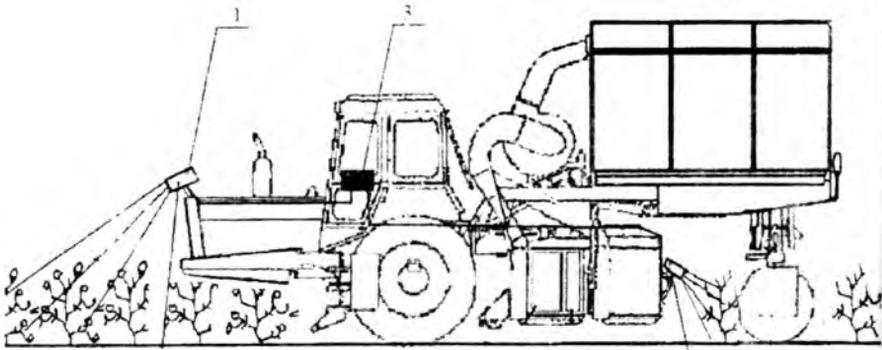


Рис.5.6 Компоновка элементов САК качества сбора урожая ХУМ: 1 – камера оценки общего урожая; 2 – камера оценки остатков урожая; 3- система контроля и отображения информации

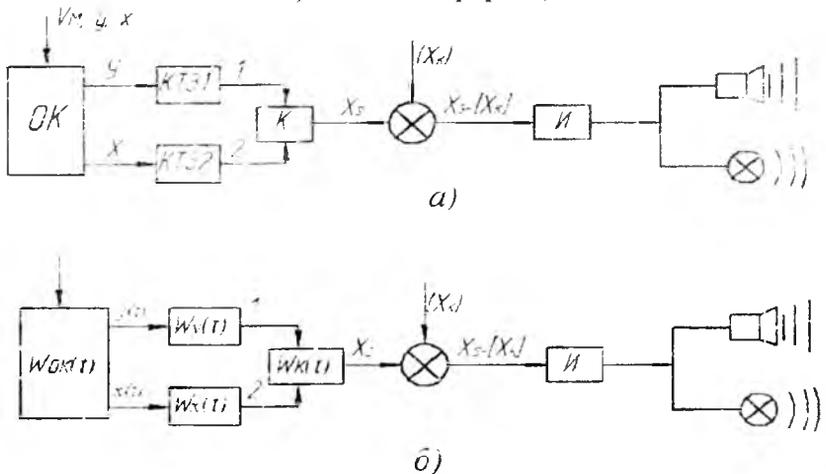


Рис.5.7. Функциональная (а) и структурная (б) схемы САК качества сбора урожая: ОК – объекты контроля; КТЗ1, КТЗ2 – камеры технического зрения (первичные преобразователи), К – компаратор; И – индикатор

Бортовая система автоматического контроля качества сбора урожая размещена в кабине трактора. В схемах ОК –

объекты контроля – рядки хлопчатника до и после сбора урожая хлопка-сырца;

- приемный блок (элемент) – камера технического зрения – КТЗ;
- устройство выдачи задания и сравнения --- компаратор;
- устройство автоматического контроля с дисплеем СК.

Компаратор осуществляет сравнения заданного (допустимого) значения агротехнических показателей (количества оставленного на кустах и сбитого на землю хлопка-сырца) с информацией, полученной после уборки урожая. Более подробные теоретические обоснования, поясняющие принципы преобразования степени белизны хлопка и хлопкового поля с применением микропроцессорной системы, описаны в следующем разделе 5.2.

## **5.2. Интеллектуальная информационно-измерительная система для автоматизации контроля и управления параметрами хлопкоуборочной машины**

При разработке систем автоматизации контроля и управления параметрами и процессами УА и ХУМ в целом, таких как контроль и управление РЦ УА, контроль потерь урожая за УА, автоматическое вождение хлопкоуборочного агрегата по рядкам весьма перспективным является использование системы видеонаблюдения, т.е. системы технического зрения, которая позволяет автоматически оценить урожайность рядка по ее раскрывшейся части, густоты стояния стеблей хлопчатника, степени белизны и оптической оси хлопкового рядка. Эти параметры хлопкового поля непосредственно влияют на качество сбора урожая и производительность ХУМ.

В связи с этим авторами работы для оценки степени белизны хлопкового поля разработана интеллектуальная информационно-измерительная система (ИИИС), построенная на базе системы технического зрения (СТЗ) [61,62], которую можно разбить на три основных подкласса: зрение низкого, среднего и высокого уровней.

СТЗ низкого уровня предназначена для обработки информации с датчиков очувствления.

Интеллектуальные устройства (датчики) должны обладать следующими признаками интеллектуального поведения:

- возможностью выделения существенной информации из множества независимых признаков;
- способностью к обучению на примерах и обобщению этих знаний с целью их применения в новых ситуациях;
- возможностью восстановления событий по неполной информации;
- способностью определять цели и формулировать планы; для достижения этих целей.

Создание СТЗ с такими свойствами для ограниченных видов рабочего пространства в принципе возможно. В основе построения ИИИС на базе СТЗ лежит аналитическая формализация, направленная на решение конкретных прикладных задач.

Использование СТЗ среднего уровня в рассматриваемой задаче связано с задачами сегментации хлопковых полей, описания и распознавания частей хлопкового поля. Эти задачи охватывают множество подходов, основанных на аналитических представлениях.

При построении ИИИС также могут быть использованы концепции СТЗ высокого уровня. Для более ясного понимания проблем СТЗ высокого уровня и его связи с СТЗ низкого и среднего уровней целесообразно ввести некоторые ограничения с целью упрощения решаемой задачи.

*Сегментация.* При сегментации исследуемые хлопковые поля подразделяются на составляющие части или объекты. Сегментация обрабатываемых хлопковых рядков является одним из основных элементов работы синтезируемой ИИИС степени белизны рядков хлопчатника до и после сбора урожая хлопка-сырца ХУМ, так как именно на этой стадии обработки степень белизны хлопкового поля выделяется для дальнейшего распознавания и анализа. Алгоритмы сегментации основываются на двух фундаментальных

принципах: разрывности и подобии. В первом случае главный подход основывается на определении контуров белизны обрабатываемых хлопковых рядков, а во втором – на определении порогового уровня и расширении области. Эти понятия применимы как к статическим, так и к динамическим (зависящим от времени) снимкам(кадрам) хлопкового поля.

Под цифровым изображением понимается квадратическая матрица размерности  $N \times N$  элементов с целочисленными значениями от 0 до 9 В. В теории цифровой обработки информации (ЦОИ) элементом изображения называется пиксель (pixel). Согласно [64] под окрестностью текущего пикселя понимается 8 соседних элементов, окружающих его.

Одним из наиболее простых подходов соединения точек контура является анализ характеристик пикселей в небольшой окрестности (например, в окрестности размером  $1,0 \times 1,0$  или  $2,0 \times 2,0$ ) метр каждой точки  $(x, y)$  хлопкового поля, который уже подвергся процедуре обнаружения контура. Все точки, являющиеся подобными, соединяются, образуя границу из пикселей, обладающих некоторыми общими свойствами. При таком анализе для установления подобия пикселей контура белизны собираемого хлопкового поля необходимо определить:

- величину градиента, требуемого для построения контурного пикселя, характеризующего часть хлопкового поля.

- направление градиента.

Величина градиента (первая характеристика) обозначается величиной

$$G\{f(x, y)\}. \quad (5.1)$$

Здесь, пиксель контура с координатами  $(x', y')$  подобен по величине в определенной ранее окрестности  $(x, y)$  пикселю с координатами  $(x, y)$ , если справедливо неравенство

$$|G[f(x, y)] - G[f(x', y')]| \leq T, \quad (5.2)$$

где  $\theta$  – пороговое значение.

При этом направление градиента устанавливается по углу вектора градиента, определенного в уравнении

$$\nabla f(x, y) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix}$$

$$|\nabla f(x, y)| = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$|\nabla f(x, y)| \equiv |G_x| + |G_y| \quad (5.3)$$

$$\theta = \arctg \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix}$$

где  $\theta$  — угол (относительно оси  $x$ ), вдоль которого скорость изменения имеет наибольшее значение. Тогда можно сказать, что угол пикселя контура с координатами части хлопкового поля  $\{x', y'\}$  в некоторой окрестности  $(x, y)$  подобен углу пикселя с координатами части хлопкового поля  $\{x, y\}$  при выполнении следующего неравенства:

$$|\theta - \theta'| < A, \quad (5.4)$$

где  $A$  — пороговое значение угла. Необходимо отметить, что направление контура части хлопкового поля в точке  $\{x, y\}$  в действительности перпендикулярно направлению вектора градиента в этой точке. Однако для сравнения направлений неравенство дает эквивалентные результаты.

Основываясь на этих предположениях, мы соединяем точку в некоторой окрестности  $(x, y)$  с пикселем, имеющим координаты  $(x, y)$ , если удовлетворяются критерии по величине и направлению. Двигаясь от пикселя к пикселю и представляя каждую присоединяемую точку как центр окрестности, процесс повторяется для каждой части

хлопкового поля. Для установления соответствия между уровнями интенсивности освещения, т.е. степени белизны частей хлопкового поля и последовательностями пикселей контура, согласно [64], предлагается применять стандартную библиотечную процедуру.

Цель состоит в определении размеров прямоугольников, с помощью которых можно построить качественное изображение каждого контролируемого участка хлопкового поля. Построение таких прямоугольников осуществляется в результате определения строго горизонтальных и вертикальных контуров. Дальнейший процесс состоит в соединении сегментов контура, разделенных небольшими промежутками, и в объединении отдельных коротких сегментов, характеризующих степень раскрытия частей хлопкового поля.

Физическая модель интеллектуального информационно-измерительного устройства для контроля степеней раскрытия (белизны) хлопкового поля.

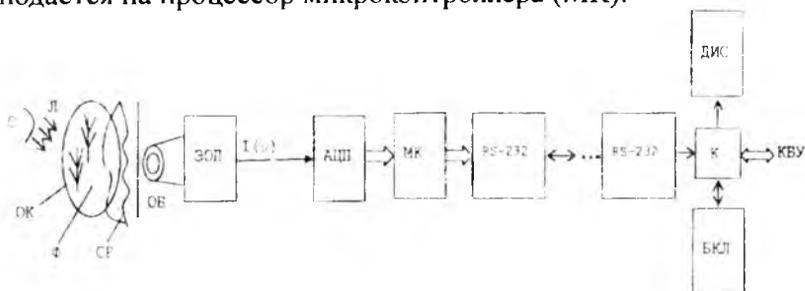
ИИИС степени раскрытия коробочек (белизны) хлопкового поля можно построить в двух вариантах – активные и пассивные.

На рис.5.8 приведена структурная схема пассивного ИИИС степени белизны хлопкового поля.

Система состоит из следующих функциональных блоков: объекта контроля (ОК), средства распространения отраженных лучей (СР); объектива (ОБ), электронного оптического преобразователя (ЭОП), аналого – цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера, интерфейсов RS-232, линии связи, контроллера (К), дисплея (Д), блока клавиатуры (БКЛ). При этом объект ЭОП представляет собой – цифровой фотоаппарат, сканер и видеокамеру.

Принцип работы ИИИС степеней белизны хлопкового поля заключается в следующем: солнечный луч (СЛ) (рис. 5.8) освещает объект контроля, т.е. рядки хлопчатника. В зависимости от степени раскрытия хлопковых коробочек (белизны) отраженные лучи от раскрывшегося хлопка через средства распространения отраженных лучей (воздуха)

принимается объективом, воспринимается и преобразуется ЭОП на цифровое изображение (тока / напряжения). Причем степень раскрытия хлопковых коробочек рядка соответствует значению преобразованного (тока/ напряжения) ЭОП. Выходной ток (напряжения) ЭОП посредством АЦП преобразуется на параллельные 8-10 разрядные двоичные коды и через соответствующие порта ввода/вывода МК подается на процессор микроконтроллера (МК).



*Рис. 5.8. Структурная схема пассивной ИИИС степени раскрытия хлопковых коробочек (белизны) обрабатываемого рядка*

Микроконтроллер согласно заданному алгоритму и программе обрабатывает поступающую информацию. При этом МК обеспечивает решение следующих задач (функций):

- вычисляет в % степень раскрытия коробочек (белизны) хлопкового поля;
- оценивает % количество нераскрытых коробочек;
- регистрирует дату и время работы ХУМ;
- отфильтровывает фоны.

Информация, обработанная МК через интерфейс RS-232, передается на центральный контроллер для дальнейшей обработки и принятия решения об управлении (воздействии) работой узлов сельхозмашин.

*Основные характеристики камеры.* Чувствительность камеры говорит о минимальном уровне освещенности объекта, при котором камера способна видеть. В

характеристиках камер всегда указывается «Минимальный» уровень освещенности, при котором камера еще видит. Уровень освещенности указывается в Люксах (ЛК). Чем больше ЛК, тем ярче освещен объект.

Примерные уровни освещенности:

Дневное, естественное освещение в солнечную погоду.....	5000 Лк
Дневное, естественное освещение в облачную погоду порядка.....	5000 Лк
Ночное естественное освещение при полнолунии.....	0,3..0,1 Лк
Лунная ночь (1/4 луны) .....	0,05 Лк
Безлунная ночь.....	0,01 Лк
Ночное естественное освещение при свете звезд.....	0,003 Лк.

При выборе камеры следует обратить внимание на уровень освещенности объекта. Например, если камера будет установлена на кабине, и планируется, чтобы она видела при плохом освещении ночью (1...0,01 Лк), то следует выбрать камеру с чувствительностью 0,01 Лк.

Камеры видеонаблюдения – аналоговые.

В основу работы ИИИС степени раскрытия хлопковых коробочек, как было отмечено выше, положен принцип преобразования изображения слабой интенсивности в электронное изображение. Действие этого устройство основывается на обработке собственного или отраженного излучения от объекта.

Принцип построения активной ИИИС степени раскрытия хлопковых коробочек (белизны) хлопкового поля приведен на рис.5.9. Она состоит из следующих функциональных блоков: объекта контроля (ОК), средств распространения отраженных лучей (СР), объектива (ОБ), электронно-оптического преобразователя (ЭОП), оптико – волоконной шайбы (ОВШ), фотоприемной матрицы (ФПМ), аналога цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера (МК), дисплея (Д), блока клавиатуры (БКЛ), блока регулирования яркости (БРЯ), источника питания (ИП), интерфейсов RS-232, линии

связи (ЛС), контроллера (К), блока клавиатуры (БКЛ), дисплея (Д), вывода к управляющим устройствам (ВУУ).

Принцип работы активной ИИИС степени белизны хлопковых рядков заключается в следующем: солнечный луч (Л) освещает объект контроля, т.е. хлопковые рядки. В зависимости от степени раскрытия (белизны) хлопковых рядков отраженные лучи от раскрытых хлопковых коробочек через средства распространения отраженных лучей (воздуха) попадает на объектив, воспринимается и преобразуется электронно-оптическим преобразователем на оптическое изображение.

Интенсивность оптических сигналов (изображений) соответствует степени белизны хлопковых рядков. Эти оптические сигналы через ОБШ передается на вход ФПМ и преобразуется на эквивалентный электрический сигнал, т.е. на ток (напряжения). Выходной ток (напряжения) ФПМ полностью характеризует степень раскрытия (белизны) контролируемых участков хлопковых рядков. Т.е. выходные сигналы ФПМ подаются на вход АЦП и преобразуются 8-10 разрядные параллельные двоичные коды и через соответствующие порты ввода/вывода МК подаются на его процессор, далее МК согласно заданного алгоритма и программы обрабатывает поступающие информации, осуществляет сравнение качества изображения и в случае нечеткого качества изображения МК формирует управляющий сигнал об регулировании контрастности (яркости) ЭОИ. Для регулирования яркости (четкости) изображения управляющий сигнал с другого выхода МК подается на блок регулирования яркости и после усиления подается на блок источника питания (ИП).

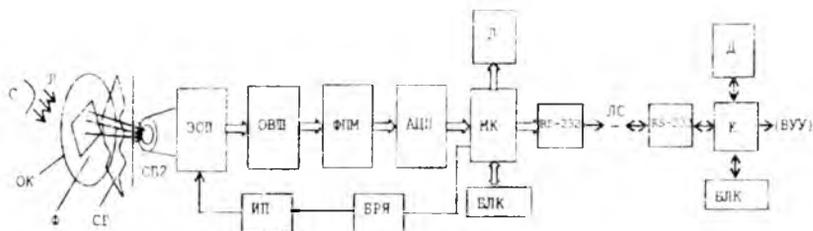
С помощью ИП увеличивается количество фотоэлектронов, которые бомбардируют люминесцентный экран. В результате слабое изображение на фотокатод преобразуется в яркое изображение на люминесцентном экране и т.д.

Здесь функциями МК являются:

- вычисление в % степени раскрытия (белизны) хлопковых рядков;
- формирование управляющего сигнала для регулирования контрастности изображения;
- регулирование контрастности изображения;
- отфильтровка фонов;
- регистрация даты и времени работы машины.

Информации, обработанные МК через интерфейс RS-232, поступают на вход контроллера и подвергаются дальнейшей обработке. Контроллер согласно заложенного алгоритма и программы при случае несоответствия показателей качества работы ХУМ агротехническим требованиям может формировать команды (управляющие сигналы) для регулирования:

- скорости движения ХУМ;
- высоту УА относительно поверхности рядков;
- ширины РЩ ;
- корректировки направления машины по рядкам и т.д.



*Рис.5.9. Функциональная схема активной ИИИС степени раскрытия хлопковых коробочек (белизны) обрабатываемого рядка*

Информация, обработанная контроллером, отображается на дисплее.

Одним из важнейших характеристик ИИИС является дальность его действия. Существуют несколько определений дальности действия – дальность обнаружения, дальность разрешения и дальность опознавания.

Дальность обнаружения – это дальность до объекта контроля, при которой этот объект обнаруживается, то есть на изображении фона выделяется его изображение.

Дальность разрешения – это дальность, при которой объект можно классифицировать.

Естественно, дальность опознания всегда меньше дальности разрешения, а дальность разрешения всегда уменьшается при дальности обнаружения объектов, полученных с помощью активного интеллектуального устройства контроля и расчетная модель, с помощью которой можно получить параметры самого устройства.

### 5.3. Математическая модель преобразователя видсонаблюдения

Модель изображения объекта степени белизны части хлопковых рядков, получаемая с помощью ИИИС, формируется на основе геометрии контроля и граничных условий в виде границы тени и контура объекта.

Модель яркости объекта в поле излучения солнца формируется в декартовой системе координат при соблюдении условия  $f(x, y, z) = 0$ , где  $f(x, y, z)$  – уравнение, описывающее контролируемый объект. При равнорядном освещении поля основным фактором, влияющим на изменение яркости объекта, является освещение солнца. В этом случае распределение яркости элементов поверхности объекта зависит от положения солнца и визуальной ориентации каждого элемента, то есть формы объекта.

При формировании модели изображения объекта контроля, который является объемным телом, проецируется в плоскость экрана ЭОП.

В схеме контроля ось декартовой системы координат направлена навстречу наблюдателю, а начало системы координат совмещено с центром объекта.

Величина яркости объекта зависит от угла  $\alpha_c$  между нормалью  $n$  к элементарной площадке  $dS$  и направлена на солнце  $r_c$ :

$$\cos \alpha_c = \frac{(n \cdot r_c)}{|n \cdot r_c|}, \quad (5.5)$$

где

$$n = (df / dx) * I + (df / dy) * j + (df / dz) * k,$$

$$F \cdot r_c = x_c i + y_c j + z_c k,$$

где  $x_c, y_c, z_c$  – координаты солнца.

Так как  $\cos \alpha_c \in [1, -1]$ , то в соответствии с этими значениями меняется яркость точек наблюдаемого объекта.

При построении модели изображения должен быть определен контур объекта наблюдения и область тени, которые рассчитываются через связь полученных яркостей точек объекта с их координатами в плоскости изображения.

Координаты в плоскости изображения определяются через связь углов  $\Theta$  и  $\Phi$  с номерами элементов изображения в строке  $j$  и по строкам  $i$  по формулам:

$$\Theta = j\pi / 2R \quad (5.6)$$

$$\Phi = (i - i_0)\pi / 2R + \pi / 2. \quad (5.7)$$

Определение границ контура наблюдения определяется из условия  $\cos \alpha_c = 0$ , где  $\alpha_c$  – угол наблюдения, для которого справедливо:

$$\cos \alpha_n = (n \cdot r_n) / |n \cdot r_n|, \quad (5.8)$$

где  $r_n$  – вектор наблюдения.

Физический смысл этого условия заключается в том, что вектор  $r_n$  при углах  $\Theta_{гр}$  и  $\Phi_{гр}$  описывает контур объекта, внутри которого находится видимая часть объекта. Та часть, которая размещена за контуром, наблюдателю не видна.

Границей области тени является совокупность точек объекта, для которых выполняется условие:  
 $f(x', y', z') = 0,$

где  $f(x', y', z')$  – уравнение, описывающее координаты тени.

Физический смысл этого условия заключается в касательном направлении лучей от солнца по отношению к

поверхности объекта. Как известно, функция  $\cos\alpha_c$  при переходе через 0 меняет знак, следовательно, все отрицательные значения яркости будут располагаться в области тени.

Положение солнца в пространстве характеризуется полярными углами  $\Theta_c$  и  $\Phi_c$  с учетом, что ось ОУ направлена навстречу наблюдателю.

Расчетная модель преобразователя видеонаблюдения (ПВ) может быть представлена в виде расчета дальности разрешения ПВ. Существует несколько методик энергетического расчета дальности действия пассивного ПВ.

Одна из них в приближении геометрической оптики и дает возможность определения дальности действия ПВ при требуемом значении контраста в изображении объекта на определенном фоне. Эта методика дает возможность расчета дальности обнаружения, так как в теоретических выражениях отсутствуют размеры разрешаемого элемента.

Дальность разрешения позволяет определить методику, основанную на учете не только энергетических характеристик объекта и фона, но и передаточных (частотно-контрастных) характеристик оптических элементов и ЭОП ПВ, слоя атмосферы между объектом и прибором, которые рассчитываются через прямое преобразование Фурье. Эта методика имеет сложный вывод в связи с использованием пространственно – частотных спектров и передаточных характеристик. Упрощенно эта методика в терминах геометрической оптики выражается в следующем:

$$K = (L_0 - L_\phi) / (L_0 - L_\phi) = F(k, k, L_H, E_C, \beta, \rho_0, \rho_\phi, \Phi, \tau_0, \eta, \nu, l, l, \phi, j, f, d) \quad (5.9)$$

Как видно, дальность разрешения ПВ зависит от многих величин, в том числе и таких параметров прибора, как фокусное расстояние объектива и диаметр входного зрачка. Задача инженерного расчета – правильно подобрать такое соотношение этих параметров, при которых дальность действия ПВ будет оптимальной.

#### **5.4. Вопросы комплексной автоматизации интеллектуальными бортовыми микропроцессорными системами хлопкоуборочной машины**

Для обеспечения производительности и агротехнических показателей ХУМ, соответствующих техническим условиям и стандартам, необходимо контролировать и управлять технологическими и режимными параметрами и при необходимости принимать решения об изменении их в процессе работы ХУМ.

Однако, разработанными локальными системами контроля и сигнализации невозможно охватить весь комплекс технологических и других параметров МГА, подлежащей контролю и управлению.

В настоящее время специалистами ОАО «СКБ Трактор» при ОАО «ТТЗ», учеными, инженерами кафедр «Автоматизация и управление» и «Наземные транспортные системы» ТашГТУ ведутся НИ и ОКР по разработке собственных электронных блоков и элементов, а также по применению зарубежных приборов и др. средств САКиУ для отечественных ХМТА [9,72]. В частности, проведен синтез математических моделей работы узлов с.х.машин, при этом ХМТА, как объект автоматизации контроля и управления, представлена как сложная система [63]. Разработаны электрические, монтажные схемы установки тахоспидометра типа КД8083 в кабину трактора ТТЗ. Разработаны принципиальные и монтажные схемы бортового микропроцессорного устройства контроля и сигнализации штатных и заказных параметров трактора ТТЗ и ХУМ. Выбраны комплектующие детали: датчики, кабели, соединительные клеммы, микроконтроллер, дисплей и т.д.

В работах [61,62] авторами предложены математическая модель и алгоритмы интеллектуальной системы контроля и регулирования режимных параметров с.х. машин. Принцип построения такой интеллектуальной системы контроля и регулирования основан на сравнении и анализе логических состояний (положений) рабочих органов, режимов работы

узлов машин и принятии решения для формирования управляющих сигналов. Решение этих задач требует создания ИИИС контроля и управления.

Поскольку современные ХУМ управляются механизатором, интеллектуальная система должна работать в режиме советчика, дающего оптимальные советы, что должен делать механизатор для повышения производительности ХУМ и улучшения качества сбора хлопка-сырца. В работе [62] сделана попытка построить такой алгоритм, который позволит контролировать технологические параметры и работу узлов ХУМ, а также параметры, влияющие на производительность и качество сбора хлопка-сырца.

Поэтому механизатору нужно принимать окончательное решение о необходимости выполнения той или другой команды, то для анализа влияния параметров и режимов работы узлов ХУМ, а также для синтеза алгоритма использована теория переключательных функций [61,62].

### **5.5. Построение логической математической модели интеллектуальной информационно – измерительной системы контроля параметров хлопкоуборочной машины**

При построении логических математических моделей, оценивающих работу ХУМ, введёны следующие условные обозначения:  $X_{1ш}$  – скорость вращения шпинделя ( $x_{1ш}$  – норма,  $\overline{x_{1ш}}$  – ниже нормы);  $X_p$  – давление в пневмотранспортной системе ( $x_p$  – норма,  $\overline{x_p}$  – ниже нормы);  $X_6$  – скорость вращения барабана ( $x_6$  – норма,  $\overline{x_6}$  – ниже нормы);  $X_{2ш}$  – скорость вращения шпинделя после переключения барабана на более высокую скорость ( $x_{2ш}$  – норма,  $\overline{x_{2ш}}$  – ниже нормы);  $X_{6к}$  – степень раскрытия хлопковых коробочек (белизны) хлопкового рядка ( $x_{6к}$  – выше нормы,  $\overline{x_{6к}}$  – ниже нормы);  $X_4$  –

потери хлопка-сырца в рядке ( $x_q$  – норма,  $\overline{x_q}$  – выше нормы);  $X_n$  – высота расположения аппарата относительно поверхности грядки ( $x_n$  – выше нормы,  $\overline{x_n}$  – ниже нормы);  $X_m$  – скорость движения машины ( $x_m$  – выше нормы,  $\overline{x_m}$  – ниже нормы).

При этом логическая математическая модель, обеспечивающая условие «НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ» работы ХУМ, описана в следующем виде:

$$Y_{нор} = f(x_{1ш} \wedge x_p \wedge x_q) = f(1 \wedge 1 \wedge 1) = 1 \quad (5.10)$$

Приведенная математическая модель показывает, что ХУМ должна нормально работать («НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ») если:  $x_{1ш} \geq$  норма;  $x_p \geq$  норма;  $x_q \geq$  норма. Аналогичным образом сделан подход к построению математической модели других режимных параметров ХУМ, например, останов машины необходимо производить в следующих условиях (режим останова), если:  $x_{1ш} \geq$  норма;  $\overline{x_p} \leq$  ниже нормы;  $x_q \geq$  выше нормы;  $\overline{x_{2ш}} \leq$  ниже нормы.

Пользуясь этими логическими операциями состояний, построены логические математические модели «ОСТАНОВ МАШИНЫ» в двух вариантах, первый вариант:

$$Y_{ост1} = f(x_{1ш} \wedge \overline{x_p}) = f(1 \wedge 0) = 0 \quad (5.11)$$

Второй вариант логической математической модели «ОСТАНОВ МАШИНЫ» имеет следующий вид:

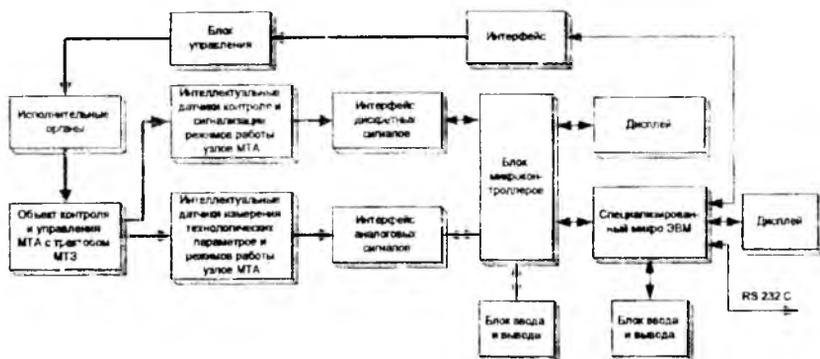
$$Y_{ост2} = f(x_{1ш} \wedge x_q \wedge \overline{x_{2ш}}) = f(1 \wedge 1 \wedge 0) = 0 \quad (5.12)$$

Авторами данной работы разработаны структурная и принципиальная схемы интеллектуальной бортовой микропроцессорной САКиУ [69] параметрами и режимами

работы ХУМ с трактором ТТЗ (рис.5.10). Она включает два канала передачи – дискретных и аналоговых сигналов от измерительных преобразователей (датчиков) параметров контроля технического состояния и режимов работы трактора и технологических параметров МТА.

Наиболее важной и ответственной задачей в уточнении составляющих частей и параметров данной структурной схемы являются выбор и уточнение контролируемых функции и параметров трактора и ХМТА в целом.

Здесь в качестве первичных преобразователей желательно использовать аналоговые и дискретные интеллектуальные датчики контроля и управления режимами работы узлов ХМТА.



*Рис.5.10. Структурная схема интеллектуальной бортовой МПС контроля технического состояния, режимов работы и управления технологическими параметрами ХМТА с трактором ТТЗ*

При этом микроконтроллер осуществляет обработку поступающей информации, сравнивает с заданными значениями и выдаёт на вход специализированного микроЭВМ. МикроЭВМ оснащается более мощной программой, позволяющей думать, анализировать значения

комплексных полученных данных, поступающих из микроконтроллеров и принять решение об управлении или изменении режимов работы соответствующих параметров (узлов) технологических параметров ХМТА. Здесь в качестве дисплея предлагается использовать матричный многофункциональный дисплей с жидкостно-кристаллическим индикатором, позволяющий отображать на цифровом виде как штатные, так и заказные параметры режимов работы агрегата. Применение таких дисплеев на базе современных управляемых микроконтроллеров даёт возможность изготовить компактные интеллектуальные бортовые САКиУ режимов работы ХМТА.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ состояния вопроса автоматизации ХУМ, показал, что для обеспечения надежного протекания технологического процесса сбора хлонка-сырца и АТГ, соответствующим установленным требованиям, ХУМ, особенно серии МХ с задним расположением УА и направляющих колес, должны оснащаться современными электронными средствами автоматического контроля и управления технологическими параметрами, объединенные в общую микропроцессорную САКиУ. По результатам анализа состояния автоматизации контроля и управления ТП сбора урожая выбраны и обоснованы технологические параметры ХУМ МХ-1,8, подлежащие автоматизации контроля и регулирования. их пределы изменений.

2. На основе разработанных параметрических и вероятностных моделей изменения ширины РЦ с учетом шахматности расположения шпинделей смежных барабанов разработана методика выбора рациональной ширины РЦ в зависимости от статистических характеристик агрофона поля. Внесены с учетом особенностей конструкции УА полунавесной ХУМ МХ-1,8, конструктивные изменения в МРРЦ и в его привод, позволяющие управлять РЦ в процессе сбора с места водителя.

3. Проведенные теоретические исследования стабильности технологических регулировок рабочей камеры УА, по выбору высоты его расположения над поверхностью грядки, а также моделирования движения и условия качения задних направляющих колес ХУМ МХ-1,8 позволили рекомендовать исходные технологические и настроечные параметры и режимы для разработки структурной, функциональной и конструктивных схем микропроцессорной САК и У ширины РЦ УА и микропроцессорного устройства контроля положения направляющих колес ХУМ МХ-1,8.

4. В результате проведенного анализа известных работ разработаны микропроцессорные устройства контроля и управления ширины РЦ УА с применением бесконтактных

датчиков и угла поворота направляющих колес полунавесной ХУМ М,Х-1.8. Испытания экспериментальных образцов устройств в полевых условиях, показали, что для механика-водителя создана возможность оперативно и наглядно получать информацию из объектов контроля, управления и принимать оперативные решения об изменении величины контролируемых параметров.

5. Построены логические математические модели, позволяющие разработать оптимальную структуру систем контроля и управления параметрами и режимами ХУМ, в частности, скоростей движения ХУМ и вращения её рабочих органов (шпинделей, барабанов, вентиляторов и т.п.), высоты расположения УА, качества сбора урожая. На основе предложенной локальной логической математической модели можно успешно построить полную математическую модель, описывающую процесс контроля и управления основными технологическими и эксплуатационными параметрами ХУМ. Разработанные математические модели также дают возможность построить комплексную бортовую микропроцессорную систему контроля, управления и диагностики параметров и работы узлов ХУМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-830 от 4 апреля 2009 г. «О мерах по дальнейшему реформированию отрасли сельскохозяйственного машиностроения».

2. Постановление Кабинета Министров Руз № 157 от 31.06.2011 г. «Об основных параметрах производства и реализации сельскохозяйственной техники на 2011г.».

3. Абдазимов А.Д., Рахманов С. К вопросу разработки системы контроля потерь урожая за хлопкоуборочной машиной. Материалы международной НТК, посвященной 70-летию Украинского национального аграрного университета.- Киев, 4-6-ноября, 2008 г.

4. Абдазимов А.Д., Садриддинов А.С., Туляев А.Р. Фазовое дискретное моделирование процессов уборочных аппаратов при управляемом движении хлопковых коробочек. – Ташкент: Изд-во Нац. биб-ка Узбекистана им.А. Навои, 2011 – 180 с.

5. Абдазимов А.Д. Научно-методологические основы повышения эффективности хлопкоуборочных машини управлением параметрами процесса сбора и уборочного аппарата – Дис... докт. техн. наук. – Т., 2007. – 313 с.

6. Абдазимов А.Д. Исследование и разработка механизма регулирования рабочей щели хлопкоуборочного аппарата в процессе сбора.–Дис.. канд.техн.наук.-Ташкент: ТашПИ, 1984. -156 с.

7. Протокол №63-97 (213). Государственных приемочных испытаний 2<sup>х</sup>-рядной хлопкоуборочной машины МХ-1,8К, УзМИС, 1998 г.

8. РД 10.8.11-90. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для уборки хлопка-сырца и стеблей хлопчатника. Программа и методы испытаний.

9. Хлопкоуборочная машина МХ-1,8-04. Технические условия TSh 84.06- 105.:2003. ОАО «Тошкишлокмаш», 2003.

10. Акт УзМИС № 50-92(539) Предварительных хлопкоуборочных машин ХНП-1,8А(МЗК), оснащенных механизмом заводки кустов хлопчатника. УзМИС, 1993.

11. Шоумарова М. Абдиллаев Т. Қишлоқ хўжалиги машиналари – Тошкент: Ўқитувчи.2002, 230с.

12. Сабликов М.В. Хлопкоуборочные машины. – М.: Агропромиздат. 1985.

13. Протокол №54-2000(111) государственных приемочных испытаний хлопкоуборочной машины «Кейс» м.2022 за 1998-2000гг., УзГЦИТТ, Гульбахор, 2001.

14. Садриддинов А.С. Научные основы машинного проектирования и совершенствования хлопкоуборочных аппаратов. – Т.: Фан. 1986. – 200 с.

15. Садриддинов А.С., Абдазимов А. Д., Улжаев Э. Совершенствование рабочих органов и управляемости хлопкоуборочной машины с расположением уборочных аппаратов за ведущим мостом трактора. Материалы междунар. НТК «Современные проблемы механики». – Ташкент: НИИ Механики и СС АН Руз, 2009. С.273-277.

16. Каримов В У. Теоретическое и экспериментальное исследование подвижной секции хлопкоуборочного аппарата с оценкой долговечности съемников. – Автореф. дисс...к.т.н. Ташкент. 1972.- 17с.

17. Протокол №54-92(106) Госиспытаний хлопкоуборочной машины ХНП-1,8А-15, оснащенной системой управления рабочими щелями аппарата, УзМИС. 1993.

18. Абдазимов А.Д. Следящая система управления шириной рабочей щели уборочного аппарата хлопкоуборочной машины. // Вестник ТашГУТУ, 2003. №4. С. 103-106.

19. А.С.1115675. Механизм регулировки рабочей щели вертикально-шпиндельного аппарата / Садриддинов А.С., Абдазимов А.Д., и др. Опуб. В Б.И. 1984г. № 36.

20. Азаров И.Н. Исследование процесса автоматического вождения хлопкоуборочной машины. Автореф. дисс... канд. Техн. наук. Т., 1972.–28 с.

21. Аликулов С.Р., Мальков С.В., Атаманов Ю.И. Исследование прямолинейности движения хлопкоуборочной машины. Механизация производства. 1987. – С.9...11.

22. Колчинский Ю.Л. Исследование некоторых факторов, влияющих на устойчивость прямолинейного движения и управляемость трехколесного трактора для широкорядных посевов хлопчатника.: Автореф. дис. Канд. Техн. наук.–Т., 1970, 22 с.

23. Лебедев О.В. Исследование устойчивости движения пропашного трактора хлопковой модификации на повышенных скоростях при культивации: Автореф. дис. Канд.техн.наук. – Т., 1968. – 20 с.

24. Марупов И. Особенности параметров тракторного агрегата при междурядной обработке хлопчатника. Автореф. дис. Канд.техн.наук. 1984.–18 с.

25. Матчанов Р. Д. Расчёт и оценка качества хлопкоуборочных машин. – Т.: Фан, 1992. С.78-79.

26. Оценочные параметры управляемости. Отраслевая нормаль ОН 025319-68 – В сб.: Государственные отраслевые стандарты и нормали. – М., 1974. Т., 1. С. 107...170.

27. Расулов Г.Г. Улучшение характеристики управляемости и точности вождения МТА при севе и междурядной обработке хлопчатника. Автореф. дис.канд.техн.наук –Янгиуль, 1989. –18 с.

28. Абдазимов А.Д., Гафуров А.А., Саломбоев Ш.А. Пахта териш машинаси териш аппаратининг эгат юзасига нисбатан холатини автоматик назорат қилиш тизими. – Пахтачиллик машиналари назарияси ва уларни ишлаб чиқаришни такомиллаштириш муаммолари. Илмий ишлар тўплами. – Т.: ТошДТУ, 1993. – 67...70 б.

29. Барер Н.Б., Блехарская М.И. Влияние величины смещения кустов хлопчатника от оси рядка на показатели работы хлопкоуборочной машины // Механизация хлопководства. 1975. № 8. С.8.

30. Дадабоев А.С., Болтабоев У.А., Исматов Ш.К. Распределение потерь хлопка при работе сметающих щеток

дискового типа // Механизация хлопководства, 1989. №8. С.15-16.

31. Технология технического обслуживания хлопкоуборочной машины 14XB-2.4 «Узбекистан» - М: ГОСНИТИ, 1973. 84 с.

32. Митков Д.И., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. – М.: Машиностроение, 1978.

33. Хошимов Д.И. Обоснование параметров ХУМ с фронтальным расположением уборочных аппаратов. Автореф. дис...канд.техн.наук. – Т., 1980. С. 27...45.

34. Хошимов Д.И. Управляемость и устойчивость движения хлопкоуборочных машин. – Ташкент: Укитувчи, 1993.-112с.

35. Шаповалов В.Д. Автоматизация уборочных процессов. – М.: Колос,1978.-383 с.

36. Гельфенбейн С.П., Волчанов В.П. Электроника и автоматика в мобильных сельхозмашинах. – М.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

37. Дворцов Е.Ф. Исследование факторов, определяющих точность копировки рядка хлопчатника рабочими органами навесных агрегатов: Автореф.дис...канд.техн.наук. – Т., 1990, - 25с.

38. АКТ №26-86-87 (9078790) «Испытания системы контроля КЕДР-1А4». САМИС, 1987.

39. Бахтияров Ш.З., Идрисов А. Аналитическое определение высоты нижней необрабатываемой зоны куста хлопчатника. Т.: Фан // Вопросы механики. Вып. 13. С.26.

40. Абдазимов А.Д., Омонов Н.Н. Практикум по курсам «Основы автоматики и автоматизации» и «Управление техническими системами»: Учебное пособие. – Т.: ТашГУ, 2003. – 64 с.

41. Базаров С.М. Исследование кинематики и динамики поворотов трактора Т28Х3 при междурядной обработке хлопчатника. Автореф. дис...канд.тех.наук–Янгиюль, 1967. 27 с.

42. Идрисов А.О. способах сбора хлопка из нижних коробочек хлопчатника. – Т.: Фан // Вопросы механики. Вып. 11, 1972. С.216.

43. Акбаров И.А. Исследование технологической схемы работы и обоснование параметров рабочего органа накальвающего типа для подбора хлопка: Автореф. дис. Канд.техн.наук. Т., 1982. -17 с.

44. Навесная четырехрядная хлопкоуборочная машина ХН-3,6. Руководство по эксплуатации. – М.: Внешторгиздат, 1980.- 128 с.

45. Тенденция развития средств автоматизации машин и оборудования для возделывания, уборки и обработки хлопка: Обзорная информация. Серия «Сельскохозяйственные машины и орудия». Вып.8. – М.: ЦНИИТЭИ Тракторосельхозмаш, 1983.- 118 с.

46. Вавилов Е.К. и др. Синтез схем на пороговых элементах. – М.: Радио, 1970.

47. А.С. 799690. Механизм регулировки рабочей щели вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машины / Садриддинов А.С., Абдазимов А.Д. и др. БИ,1981г. № 4.

48. А.С. 1301345. Механизм регулировки рабочей щели вертикально-шпиндельной хлопкоуборочной машины. / Садриддинов А.С., Хасанов П.Ф., Абдазимов А.Д. и др. БИ,1987а.№13.

49. ГОСТ 22587-85. Машины хлопкоуборочные. Общие технические требования.- М., 1985. 7 с.

50. Невзоров В.В. Исследование динамических характеристик хлопкоуборочной машины как объекта регулирования. Автореф. дис.канд.техн. наук. Ашхабад, 1973. -17 с.

51. Автоматический контроль и сигнализация в сельскохозяйственных машинах // Сб.научн.тр.НПО ВИСХОМ. Вып. 2. – М., 1989. – 47 с.

52. Назаров М. Исследование технологических показателей хлопкоуборочной машины с целью совершенствования рабочих органов: Автореф. дис...канд.техн.наук, - Л., 1978. – 18 с.

53. Проспекты и электронные источники новой техники фирм-производителей тракторов и другой с.х.техники фирм и компаний MTЗ, CaseIH, John Deere, Massey-Ferguson, CLAAS, Ford, White Stagier и др. за 1995...2012 гг.

54. Ресурсы Internet. Поисковые серверы [www.tractors.com.by](http://www.tractors.com.by), [www.claas.com](http://www.claas.com), [www.caseih.com](http://www.caseih.com), [www.newholland.com](http://www.newholland.com), [www.google.com](http://www.google.com), [www.real.com](http://www.real.com), [www.wikipedia.ru](http://www.wikipedia.ru), [www.vahoo.ru](http://www.vahoo.ru)

55. Абдазимов А.Д., Улжаев Э. Выбор автоматизируемых функций и параметров хлопководческого МТА. // Материалы респуб. НИК «Экологически чистые ресурсосберегающие технологии выращивания, хранения и переработки сельхозпродукции». – ТашГАУ, 2009. С.21-23.

56. Улжаев Э., Абдазимов А. Д. и др. Микропроцессорная система контроля и регулирования рабочей щели хлопкоуборочного аппарата. // Проблемы информатики и энергетики. – Т.: Фан, 2011. №5.

57. Улжаев Э. Анализ устройств дискретного контроля углов поворота колес сельхозмашин и оценка погрешности // Вестник ТашГТУ. – Т., 2007. № 2. С. 84-87.

58. А.С. №997060. Устройство для контроля вращения рабочих органов хлопкоуборочной машины./Улжаев Э., Салихов З.М., Захидов Б.А.и др. БИ 1985. № 58.

59. А.С. №1164759. Устройство для контроля вращения рабочих органов хлопкоуборочной машины./ Улжаев Э., Салихов З.М., Захидов Б.А и др. БИ 1986, № 24.

60. Улжаев Э. Интеллектуальное информационно-измерительное устройство для автоматизации контроля степени белизны хлопкового поля. // Кимёвий технология, назорат ва бошқарув, 2007. №2(4). С.45-49.

61. Улжаев Э. Синтез интеллектуальной информационно-измерительной системы контроля режимов функционирования технологических агрегатов. // Кимёвий технология, назорат ва бошқарув, 2006. №6 (12). С. 38-44.

62. Улжаев Э. Алгоритмы синтеза интеллектуальной информационной системы контроля и регулирования технологических режимных параметров оборудования и

машин. // Кимё технология. назорат ва бошқарув. 2007. №6(12). С. 36-40.

63. Улжаев Э., Абдазимов А.Д., Тулбаев Ф.А. Формализованное описание процесса функционирования технологического оборудования. // Кимёвий технология, назорат ва бошқарув, 2010. № 3. С. 57-59.

64. Катъис Г.П. Восприятие и анализ оптической информации автоматической системой. – М.: Машиностроение, 1986. -414 с.

65. Улжаев Э., Абдазимов А.Д., Равутов Ш.Т., Тулбаев Ф.А. Аппаратное обеспечение системы автоматического контроля и регулирования параметров подвижных объектов. // Кимёвий технология, назорат ва бошқарув, 2012 № 4. С. 29-33.

66. Отчет о НИР по теме «Разработка методов, алгоритмов и устройств автоматизированного микропроцессорного управления и контроля основных режимных и эксплуатационных параметров хлопководческого машинно-тракторного агрегата (МТА) (промежуточный)» № ГР КА05-002, - Г.: ТашГТУ, 2012.

67. Абдазимов А.Д., Улжаев Э., Убайдуллаев У., Омонов Н.Н. Выбор и обоснование пределов изменений технологических параметров хлопкоуборочной машины, подлежащих автоматизации контроля и регулирования. // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал, 2013. №5. С.129...131.

68. Абдазимов А.Д., Азимов Б.М., Сулюкова Л.Ф. Моделирование колебаний направляющих колес полунавесной хлопкоуборочной машины МХ-1.8. // Международная НТК «Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники» РФ, Краснодар, КубГАУ, 2013. С.149...151.

69. Улжаев Э., Абдазимов А.Д., Убайдуллаев У. М. Интеллектуальная бортовая МПС контроля и управления технологическими параметрами МТА с трактором ТТЗ. Международная НТК «Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники» РФ. – Краснодар, КубГАУ, 2013. С.189...191.

70. ГОСТ 22587-91. Машины хлопкоуборочные. Общие технические требования.

71. Ts05781953-003:2013. Машина хлопкоуборочная МХ-1,8. Технические условия.

72. Протокол № 11-2013(606) сравнительных испытаний хлопкоуборочной машины МХ-1,8 с механизмом завода кустов (МЗК) и устройством для регулировки рабочей щели. УзГЦИТТ, - Гульбахор, 2013.

73. Конюхов Н.Е. и др. Электромагнитные датчики механических величин. – М.: Машиностроение, 1987. -256 с.

74. Яковлев Н. И. Бесконтактные электроизмерительные приборы для диагностирования электронно аппаратуры.-Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1990.

75. Положительное решение ВНИГПЭ от 27.02.1995г. о выдаче патента РФ на изобретение “ Механизм регулировки рабочей щели вертикально-шпиндельного хлопкоуборочного аппарата ” по заявке № 5051399/15. -032705 от. 07,07,1982 г. Авторы: Садриддинов А.С., Абдазимов А.Д. и др. Кл. МКИ АО1 D 46/14 АО1/75/00.

76. TSt 63.06:2001. ИСТ Машины для уборки хлопксырца и стеблей хлопчатника. Программа и методы испытаний.

77. Садриддинов А.С., Абдазимов А.Д., Омонов Н.Н. Арипова К.А. Обоснование критериев оценки приспособленности сортов хлопчатника к уборке вертикально-шпиндельными хлопкоуборочными машинами. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. М.:ОАО «Издательство «Машиностроение», 2014. №3. С.29 ..33.

78. Раджабов С.С., Абдазимов А.Д., Туляев А.Р. Алгоритм определения числа зеленых коробочек на изображениях участков хлопкового поля. Вестник ТашГТУ, 2014. №1. С.80...84.

79. Абдазимов А.Д., Раджабов С.С., Омонов Н.Н., Усмонов М.Н. К вопросу автоматизации процессов оценки качества работы хлопкоуборочных машин и получения информации об агрофоне хлопкового поля. // Материалы V-Международ. НПК «Информационные технологии, системы и приборы в АПК – АГРОИНФО-2012». Новосибир. обл., п. Краснообск, ГНУ СибФТИ. 10-11 октября 2012 г.

Абдазимов Анвар Даниярович,  
Улжаев Эркин,  
Убайдуллаев Уткиржон Муродиллаевич,  
Омонов Набижон Нормаматович

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ХЛОПКОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

Редактор: Н.С. Покачалова,  
Ф.А. Каримсва

Технический редактор: М. Хасанов

---

*Подписано к печати 30.05.2014 г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 9,36 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 176.*

---

*Отпечатано в типографии ТГТУ. г.Ташкент,  
ул.Талабалар 54. тел: 246-63-84.*