



Автоматизированная система контроля и управления промышленными объектами АСК-3

Александр Фендриков, Сергей Коновалов, Владимир Речмедиков, Дмитрий Жигалкин, Алексей Криворучко, Пётр Топольский

Система АСК-3 предназначена для решения вопросов низовой автоматизации на промышленных объектах и транспорте. Она реализует функции сбора, обработки и отображения информации, а также управления. Приведённое в статье описание демонстрирует широкие возможности системы, что является следствием выбранной структуры и особенностей базового программного обеспечения. В качестве примера рассматривается построенная на основе АСК-3 бортовая система контроля, разработанная для экспортного варианта путевого машины АДМ-1 см.

Области применения и возможности системы

Система АСК-3 разработана для организации автоматизированных рабочих мест оперативного контроля и управления промышленными объектами и по своим эксплуатационным характеристикам отвечает жёстким условиям применения в промышленности и на транспорте. Эта система сочетает в себе аппаратуру и программы сбора и обработки данных с удобными и эргономичными устройствами отображения информации и средствами управления. В связи с этим АСК-3 имеет широкий спектр областей применения. Прежде всего, как система автоматического управления она может использоваться для контроля и управления необслуживаемыми промышленными объектами, такими как котельные, хранилища ГСМ, элеваторы и т.д. При реализации автоматизированного управления АСК-3 может решать задачи измерения и визуализации параметров, контроля и диагностики сложного оборудования, а также выполнять определённые функции управления, например, в качестве бортового компьютера различных транспортных средств.

Система АСК-3 обеспечивает:

- автоматизированный контроль текущих параметров с выдачей сообщений о неисправности узлов и агрегатов или выходе контролируемых па-

раметров за допуски, а также вывод текущих параметров и сообщений на экран блока обработки и отображения информации (БОИО, рис. 1а) в удобном для пользователя виде;

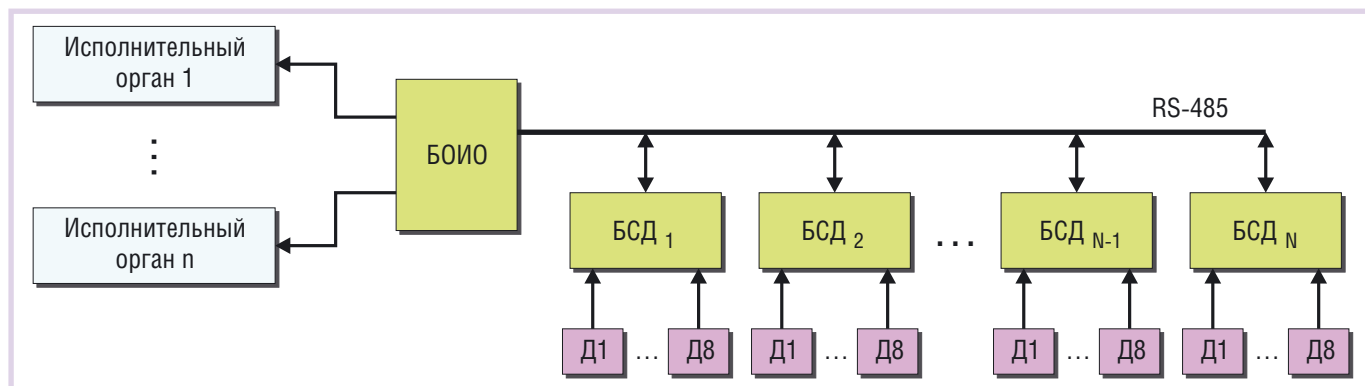
- ведение журнала состояния объекта и системных событий за сутки с возможностью последующего просмотра и расшифровки записей, например в случае необходимости анализа аварийной ситуации;
- автоматизированное управление работой объекта с рабочего места оператора при наличии соответствующих исполнительных устройств;
- автоматическое управление работой объекта;
- комплексную самодиагностику и диагностику компонентов системы, в том числе подключённых через блоки

сбора данных (БСД, рис. 1б) первичных преобразователей, каналов связи и программных модулей, с возможностью отображения результатов диагностики на мнемосхеме системы, сохранения их в журнале системных событий, передачи системе контроля более высокого уровня и вывода на пульт оператора в удобной форме;

- возможность внутрисистемного обновления программного обеспечения (ПО) системой более высокого уровня или с помощью соответствующего аппаратного модуля;
- возможность интеграции нескольких систем типа АСК в одноранговую или многогранговую сеть;
- лёгкую модифицируемость и масштабируемость при использовании блоков расширения.



Рис. 1. Основные компоненты системы АСК-3:
а — блок обработки и отображения информации, б — блок сбора данных



Условные обозначения:

БОИО — блок обработки и отображения информации; БСД — блок сбора данных; Д1...Д8 — датчики.

Рис. 2. Структурная схема системы АСК-3

Перечень возможностей системы АСК-3 постоянно расширяется группой её разработчиков.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ

В структуру АСК-3 заложены принципы построения распределённых систем сбора и обработки данных. Структурная схема системы АСК-3 полной конфигурации приведена на рис. 2.

Распределённые узлы системы связаны интерфейсом RS-485, их взаимодействие производится в соответствии с модифицированным протоколом ModBus. Скорость передачи данных определяется системным программным обеспечением и варьируется в диапазоне от 2400 бит/с до 256 кбит/с. Использование стандартного интерфейса позволяет обеспечить расширяемость системы.

Предложенная структура имеет дополнительный уровень обработки данных, сформированный блоками БСД. Наделение этих блоков функциями сбора и первичной обработки данных позволяет разгрузить центральный процессор БОИО. Кроме того, блок БСД можно разместить в непосредственной близости от объекта контроля, что позволяет существенно повысить помехоустойчивость каналов передачи сигналов первичных преобразователей. В конечном счёте, всё это способствует увеличению надёжности и живучести системы в целом.

БСД реализует концепцию построения интеллектуальных датчиков, то есть каждый датчик системы получает свой отдельный контроллер в структуре БСД (рис. 3). В связи с этим вся первичная обработка производится локально, и только готовый результат передаётся контроллеру среднего уровня. Каждый контроллер датчика имеет от трёх до шестнадцати настроечных ре-

гистров (регистры управления способом и методом съёма данных, частотой опроса и т.п.) и ряд команд:

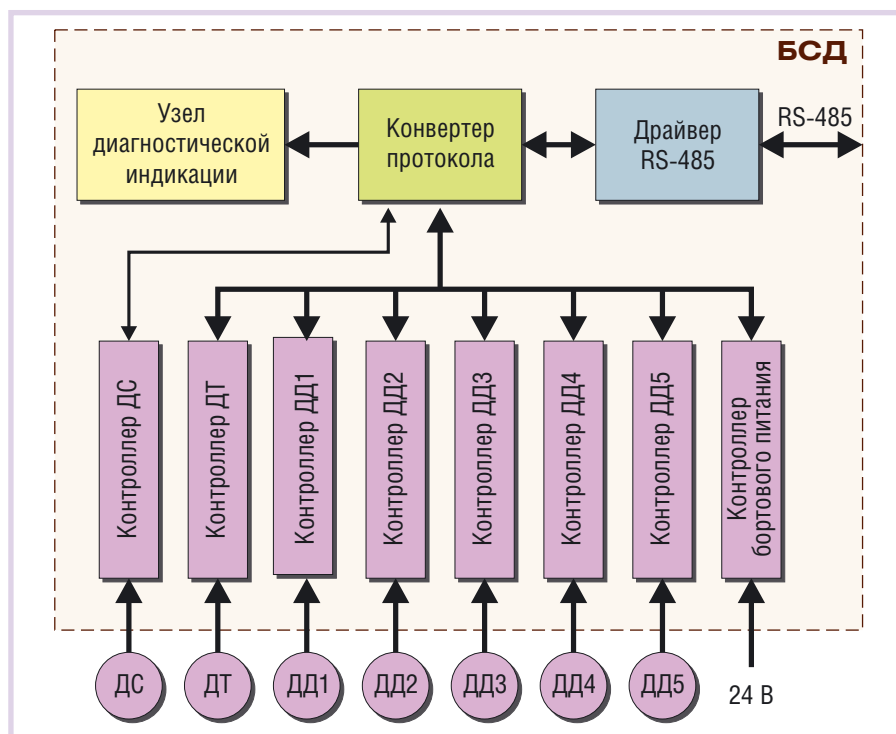
- запрос результата измерения;
- запрос привязки уровня нуля;
- запрос диагностики;
- запрос настройки системных регистров управления.

Контроллер среднего уровня выполняет функции маршрутизатора и преобразователя (конвертера) протоколов. Кроме того, он производит локальную диагностику каналов связи с контроллерами датчиков и отображение её результатов посредством светодиодных индикаторов.

Такое многоуровневое распределение «интеллекта» позволяет, помимо функций преобразования первичных данных, произвести детальную диагно-

стику кабеля подключения и самого первичного преобразователя, а также выполнить калибровку датчика и сделать для него привязку уровня нуля.

Конечная обработка данных, отображение полученных результатов, организация сетевого обмена, отработка алгоритмов принятия решений и другие задачи возлагаются на блок БОИО. Структура БОИО показана на рис. 4. Основным вычислительным «ядром» этого блока является одноплатный промышленный компьютер MicroPC 6010 фирмы Octagon Systems. Вся информация с БСД передается в компьютер MicroPC посредством контроллера ввода-вывода. Для отображения информации применён полноцветный ЖК-дисплей LC640.480.33-АС фирмы Planar с удельной яркостью 1000 кд/м² и расширен-



Условные обозначения: ДС — датчик скорости; ДТ — датчик температуры; ДД — датчик давления.

Рис. 3. Обобщённая структура БСД с возможной комбинацией подключённых датчиков

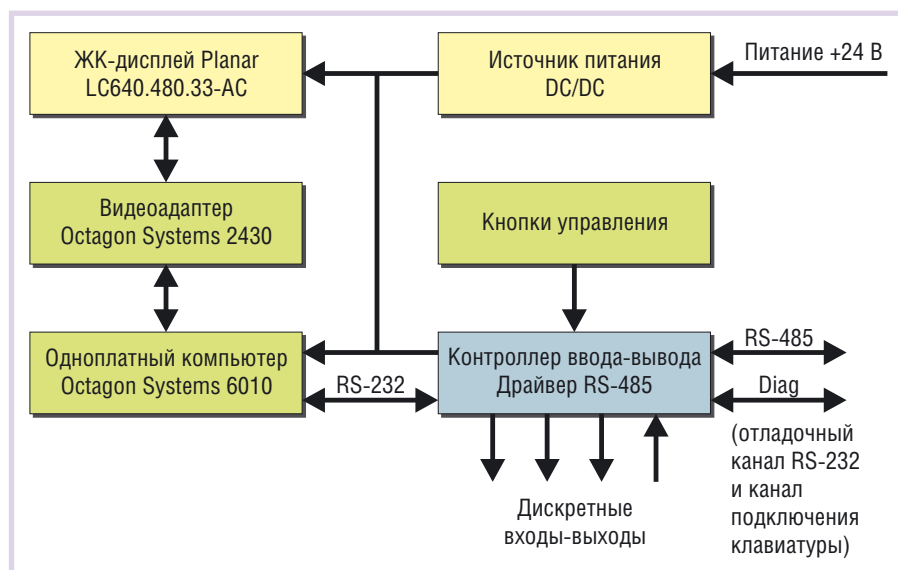


Рис. 4. Структура БОИО

ным диапазоном рабочих температур. В качестве видеоадаптера использован модуль 2430 фирмы Octagon Systems.

Основные технические характеристики блока сбора данных представлены в табл. 1, а блока обработки и отображения информации — в табл. 2.

Программное обеспечение

Программное обеспечение системы АСК-3 распределено в БОИО и БСД.

ПО БСД включает в себя программы для контроллеров датчиков и программу для преобразователя протокола. ПО БСД является необновляемым и записывается в контроллеры единовременно, а для его изменения требуются специальные средства.

ПО БОИО состоит из набора программ, обеспечивающих функционирование и настройку системы. Нами разработан ряд универсальных программ для БОИО:

- программа настройки интеллектуальных датчиков, обеспечивающая доступ к таким параметрам контроллера датчика, как частота опроса, частота зондирующего сигнала, зона анализа снимаемого сигнала и т.д.;
- программа безопасной загрузки и обновления (ПБЗО) системного ПО, загружаемая при старте БОИО и производящая контроль целостности программного контейнера (архива) с рабочей программой и его замену из резервного источника при нарушении целостности, а также выполняющая при наличии обновленного контейнера проверку его целостности и замену рабочего контейнера на обновленный (при замене контейнеров ПБЗО использует систему пере-

сылки данных, которая гарантирует абсолютную их сохранность в случае копирования, перемещения и удаления файлов).

Рабочая программа, представляемая в виде программного контейнера, разрабатывается конкретно для задач, поставленных перед системой. С целью поддержки разработчиков программ БОИО создан объектно-ориентированный API (интерфейс прикладного программирования) для языка Borland Pascal 7.0, включающий необходимый набор визуальных и не визуальных объектов для проектирования систем контроля и отображения цифровых и аналоговых данных.

Конструктивное исполнение

Конструктивно БОИО представляет собой встраиваемый блок с габаритными размерами 365×235×125 мм. В его состав входят:

- промышленный одноплатный компьютер;
- цветной жидкокристаллический дисплей повышенной яркости;

Таблица 1

Основные технические характеристики блока БСД

Число первичных датчиков, подключаемых к одному блоку БСД	До 8 датчиков
Типы датчиков	Давления, температуры, скорости, числа оборотов, перемещения и др.
Внешний интерфейс связи	RS-485
Расстояние от датчика до входа БСД	До 5 м
Расстояние от блока БСД до блока БОИО	До 1,2 км
Электропитание	От бортовой сети 18...36 В постоянного тока или сети переменного тока 220 В ±10% (50 Гц)
Потребляемая мощность	Не более 2 Вт

Таблица 2

Основные технические характеристики блока БОИО

Характеристики дисплея: ● тип ● диагональ ● разрешающая способность	Жидкокристаллический, полноцветный 10,4 дюйма 640×480 точек
Число подключаемых блоков БСД	До 255
Количество гальванически изолированных дискретных каналов управления внешними исполнительными органами	3 (предусмотрена возможность увеличения количества каналов управления исполнительными органами)
Время готовности к работе	Не более 1 мин
Интерфейсы связи с внешними устройствами и системами	RS-232, RS-485
Электропитание	От бортовой сети 18...36 В постоянного тока или сети переменного тока 220 В ±10% (50 Гц)
Потребляемая мощность	Не более 60 Вт
Климатическое исполнение	В соответствии с ГОСТ 15150-69 для вида климатического исполнения ТС4, но при температуре окружающего воздуха от -10 до +50°C (температура хранения от -25 до +85°C)
Возможный вид климатического исполнения	УХЛ2, температура окружающего воздуха от -40 до +80°C



Рис. 5. Внешний вид путевой машины АДМ-1см

- видеоадаптер для сопряжения дисплея с компьютером;
- контроллер ввода-вывода;
- блок питания.

На передней панели блока БОИО расположены дисплей с размерами рабочего поля экрана 211×153 мм и минимальный набор кнопок для управления.

БОИО имеет три разъёма:

- разъём питания и сигналов управления исполнительными органами;
 - разъём для подключения линии связи RS-485;
 - диагностический разъём, используемый для подключения БОИО к внешнему ПК.
- Конструктивно БСД представляет собой блок с размерами 240×160×85 мм, состоит из единой платы сбора данных и имеет три разъёма:
- разъём питания;
 - разъём для подключения линии связи RS-485;
 - разъём для подключения первичных преобразователей.

ПРИМЕР СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, ПОСТРОЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСК-3

При создании экспортного варианта путевых машин, заказанных для железных дорог Испании, нами (Научное конструкторское бюро моделирующих и управляющих систем Таганрогского государственного радиотехнического университета — НКБ МИУС ТРТУ) совместно с ОАО «ТМЗ им. В.В. Воровского» (Тихорецкий машиностроительный завод) было принято решение на базе аппаратно-программных средств АСК-3 оборудовать их бортовой системой контроля ходовых параметров и эргономичными панелями управления узлами машины. В результате была разработана система АСК-3И, которая

предназначена для контроля параметров и управления гидропередачей ГП-300 и устанавливается на производимые ОАО «ТМЗ им. В.В. Воровского» путевые машины АДМ-1см (рис. 5).

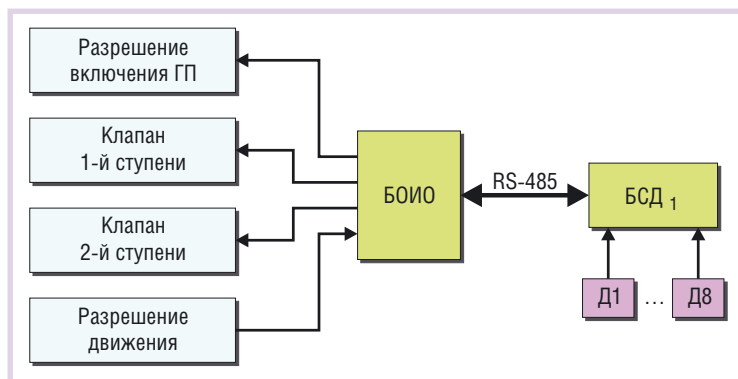
Основными задачами АСК-3И являются непрерывный сбор показаний восьми датчиков, установленных на ГП-300, осуществление допускового контроля, принятие решения о необходимости включения или переключения ступени гидропередачи. Был разработан алгоритм управления ГП-300, исключающий возникновение недопустимых для гидромеханической передачи ситуаций. Основным требованием к алгоритму является максимальная защита от одновременного включения двух ступеней передачи. Исходя из поставленной задачи, была принята структура системы, приведенная на рис. 6. В данном случае БСД обслуживает восемь каналов:

- пять каналов подключения индуктивных датчиков давления;
- канал датчика температуры;
- канал трёхфазного датчика скорости;
- канал измерения напряжения аккумуляторных батарей.

Задача управления гидропередачей решается программным обеспечением БОИО. Аппаратно управление ступенями реализуется путём выдачи напряжения +24 В (уровень логической «1») на соответствующий дискретный выход БОИО.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСК-3И

АСК-3И использует основной набор программ, разработанных для контроллеров датчиков и



Условные обозначения: ГП — гидропередача; Д1...Д8 — датчики давления, температуры, скорости, величины напряжения.

Рис. 6. Структура системы АСК-3И

компьютера MicroPC систем АСК. Помимо этого с использованием созданного для АСК объектно-ориентированного API разработано специальное ПО управления и контроля параметров гидромеханической передачи.

ПО системы АСК-3И выполняет следующие основные задачи:

- отображение показаний всех подключённых датчиков;
- отображение системной диагностической информации;



Рис. 7. Распределение областей отображения информации: а — для рабочего экрана, б — для диагностического экрана



Рис. 8. Рабочий экран АСК-3И (выставлены аварийные сообщения: значения давления равны нулю, температура превышает норму, упало напряжение аккумуляторной батареи)

- ведение журнала ошибок;
- выдача команд управления ступенями гидромеханической передачи;
- вычисление суточного и суммарного пробега.

В связи с большим количеством отображаемой информации было принято решение произвести разнесение данных на два информационных экрана — рабочий и диагностический. Таким способом достигается однородность совместно отображаемой информации и упрощается её восприятие. При возникновении неполадок в системе программа либо автоматически покажет диагностический экран, либо погасит на рабочем экране область отображения показаний неисправного датчика и даст возможность оператору в удобное время просмотреть диагностическую информацию и устранить неисправность. При отсутствии неполадок в системе АСК-3И диагностический экран не используется и активен только рабочий экран.

С целью обеспечения быстрого восприятия информации рабочий экран условно разделён на восемь зон (рис. 7а). Для воссоздания привычного окружения машиниста и создания зон локализации его внимания выбрана метафора интерфейса пользователя с соответствующими элементами. Расположенный в зоне 4 указатель скорости (спидометр) имеет форму круговой шкалы со стрелкой и нанесённой на неё маркировкой скоростей (рис. 8). Внутри шкалы находятся индикаторы, отображающие скорость в цифровом виде. В центре спидометра расположен указатель активной ступени гидротрансформатора, а по шкале цветом выделяется диапазон соответствующих этой ступени скоростей. Показания суточного и суммарного пробега вынесены в зону 5 и представлены цифрами в стиле 7-сег-



графической информации. Первая зона используется для вывода текстовых сообщений о неисправности и рекомендаций по её устранению, вторая — для вывода схем системы АСК-3И, в том числе в виде мнемосхемы с подсветкой неисправных узлов и элементов (рис. 9).

Кроме отображения показаний дат-

ментных индикаторов. Остальные параметры отображаются вертикальными и горизонтальными шкалами с изменяемым в зависимости от величины параметра цветом (зелёный — номинальный диапазон, жёлтый — допустимый, красный — аварийный). Выход параметра за допуски, кроме изменения цвета, также сопровождается выдачей аварийного сообщения в зоне 1 или 2.

Диагностический информационный экран разделён на две части (рис. 7б): зона 1 для отображения текстовой информации и зона 2 для отображения

чиков, ПО БОИО осуществляет управление ступенями гидротрансформатора (ГП). Выбор включаемой ступени осуществляется по текущей скорости движения машины. Диапазон работы первой передачи задан пределами 0...25 км/ч, второй — 20...100 км/ч. Необходимо отметить, что для обеспечения надёжного переключения передач при движении на подъём и при наличии большой тяговой нагрузки нижний предел работы на второй передаче сразу после переключения устанавливается равным 15 км/ч, а затем в течение 30 секунд плавно смещается к 20 км/ч.

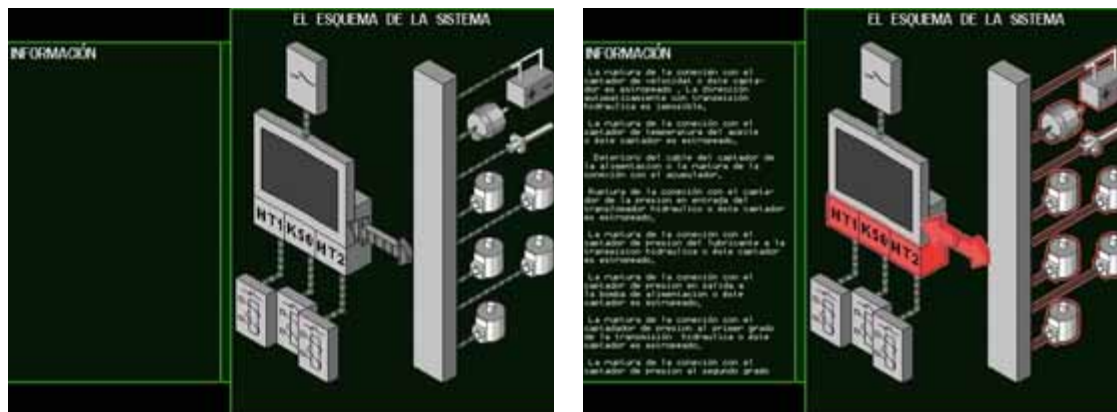


Рис. 9. Диагностический экран АСК-3И (нарушено функционирование всех частей системы, выставлены аварийные сообщения)

Для обеспечения безопасного переключения передач производится контроль значений давления в первой и второй ступенях ГП. Это позволяет проверить фактическое включение или выключение требуемой передачи. При нарушении порядка включения/выключения передач система выдаёт аварийное сообщение и адаптируется к аварийному движению. Самопроизвольное включение ступени (нарастание давления в ней) воспринимается АСК-3И как критическое событие: система считает гидропередачу неуправляемой, выдаёт аварийное сообщение и блокирует автоматическое управление. Факт самопроизвольного выключения текущей передачи также приводит к выдаче аварийного сообщения, но автоматическое управление не блокируется, и система в течение 5 секунд повторяет попытки включения передачи.

Все системные события, связанные с выходом параметров за допуски, нарушением функционирования системы, ошибками управления ГП, АСК-3И фиксирует в аварийном журнале, который может быть просмотрен и проанализирован специалистами службы поддержки в целях устранения неполадок и настройки системы.

РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Создание автоматизированной системы контроля и управления гидропередачей повлекло за собой возникновение задачи комплексной модернизации панелей управления машиной, как с эргономической, так и с технической точек зрения. Машиностроители сделали шаг к усовершенствованию дизайна кабины в целом, произведя качественную отделку пластиком, установку новых кресел и другие косметические изменения, направленные на

улучшение условий труда на рабочем месте машинистов. Машину оснастили кондиционером, холодильником, телекамерой и телемонитором для компенсации плохой видимости дороги при движении назад.

Произведено проектирование двух секций панели управления путевой машиной (рис. 10). Совместно с фирмой «Северный ветер» в кратчайшие сроки созданы фальшпанели для пульта управления из поликарбонатного пластика. Смонтированные панели и система АСК-3И в совокупности с реализованными мерами повышения эргономичности и комфортности кабины придали ей совершенно новый, современный вид и обеспечили дополнительное удобство для работы машинистов.

Использование готовой структуры и аппаратно-программных компонентов системы АСК-3 позволило сократить срок разработки, изготовления, поставки и пусконаладочных работ для бортовой системы АСК-3И до 90 дней.

Экспортный вариант путевой машины АДМ-1см, эксплуатирующейся на железных дорогах Испании, показан на рис. 11.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ АСК-3

В настоящее время ведётся разработка технического задания на создание для отечественных машин МПТ6 комплексной

бортовой системы управления и контроля АСК-УМ. Эта новая система также будет строиться на основе АСК-3 с учётом наработок, полученных при создании АСК-3И. Она призвана взять на себя управление пуском, остановом, оборотами дизельного двигателя машины и управление такими узлами ГП, как муфта,

гидромотор тихого хода, насос тихого хода и другими.

Авторы выражают благодарность фирме КВИНТ (г. Таганрог) за помощь, поддержку и аппаратное обеспечение при реализации данного проекта. ●

**Авторы – сотрудники
ОАО «ТМЗ им. В.В. Воровского»
Телефон: (86196) 202-09
и НКБ МИУС ТРТУ
Телефон: (86344) 692-97
Факс: (86344) 310-629**



Рис. 10. БОИО и панели управления, встроенные в системный пульт путевой машины



Рис. 11. Экспортный вариант путевой машины АДМ-1см на железных дорогах Испании