

А.Н. Рыбалев, Р.Д. Редозубов, П.С. Колесников

**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ПРОИЗВОДСТВ»**

The article describes the new study laboratory set for discipline «Automation of technologic processes and productions» for specialty 220301 developed and made by authors.

Для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств» разработана лабораторная установка, построенная на базе лабораторного объекта управления, а также широко используемых в промышленной автоматизации измерительных и нормирующих преобразователей, исполнительных механизмов и управляющей аппаратуры.

Установка включает лабораторный объект регулирования и шкаф управления.

Лабораторный объект регулирования в совокупности с исполнительными механизмами допускает разнообразные способы воздействия на него: по принципу нагреватель/холодильник, изменением подачи среды, включая дросселирование и дозирование, что позволяет не только изучать эти способы, но и исследовать различные вариан-

ты построения системы регулирования в зависимости от того, какие воздействия выбираются в качестве управляющих, а какие – в качестве возмущений. Управляющая аппаратура дает возможность реализовывать все основные виды управления: управление по программе с переходами по времени и по условию, релейное, импульсное и непрерывное регулирование.

Объект регулирования представляет собой установку нагрева и охлаждения воды (рис. 1).

Контролируемая величина – температура воды в баке 1 – измеряется с помощью двух термодатчиков (термопар) 2, 3. Одна термопара установлена вблизи всасывающего патрубка, другая – вблизи подающего. Температуры воды, измеряемые термопарами, существенно различаются.

Нагрев воды осуществляется электрическим нагревателем (тэном) 4. Регулирование нагрева может производиться: включением-выключением нагревателя (релейное управление); включением-выключением нагревателя по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ) (импульсное управление); непрерывно с помощью тиристорного регулятора напряжения (ТРН).

Контур охлаждения включает водяной радиатор 5, обдуваемый потоком воздуха, который создается центробежным вентилятором 6, и водяной насос 7. Регулирование охлаждения может осуществляться: изменением потока

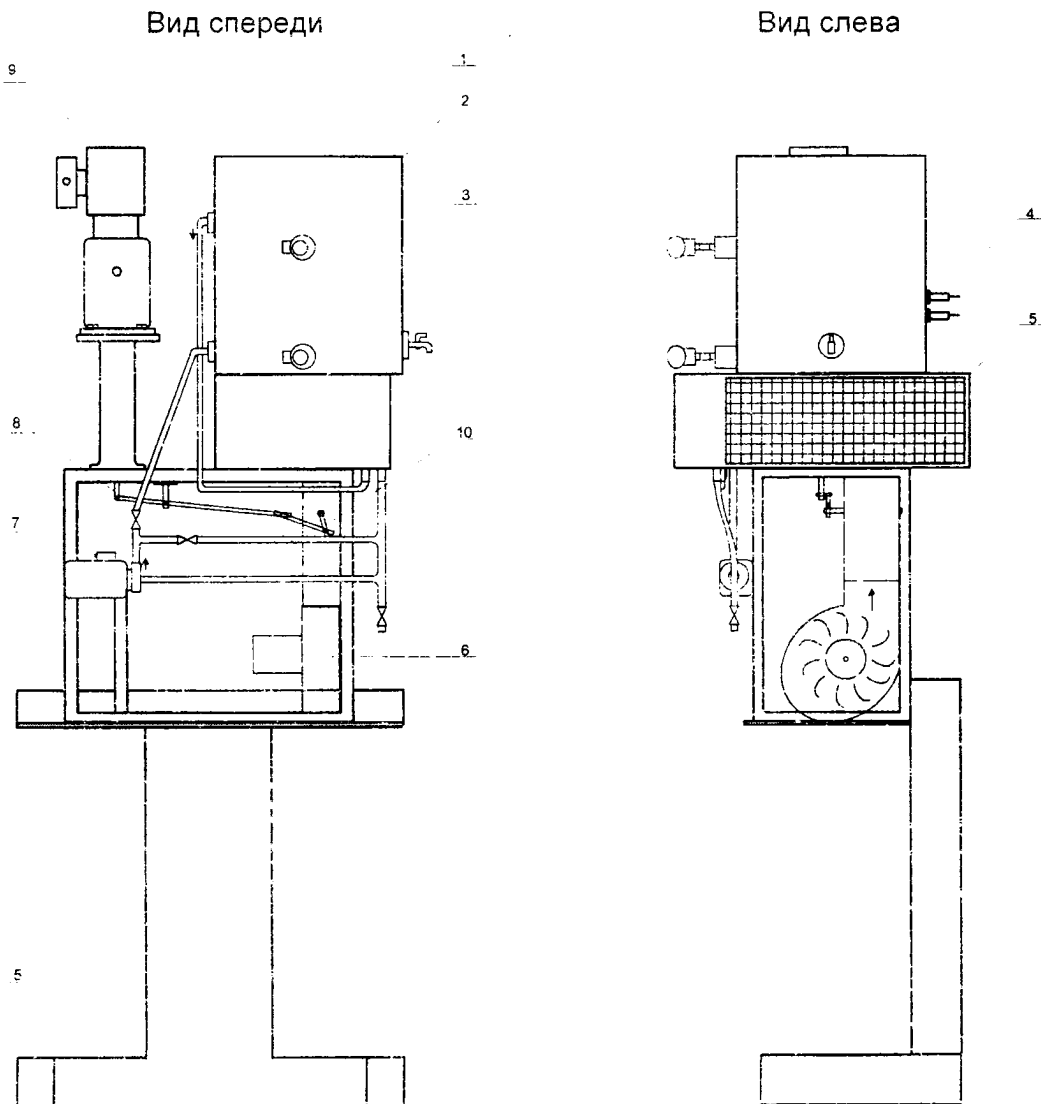


Рис. 1. Объект регулирования.

воды, проходящей через радиатор, вручную с помощью вентиля 8 во внутреннем контуре циркуляции; включением-выключением водяного насоса (релейное управление); изменением потока воздуха с помощью задвижки, установленной в воздухопроводе и приводимой в движение механизмом электрическим прямоходным (МЭП) 9 через систему рычагов 10 (квазинепрерывное управление с помощью ШИМ); непрерывно, путем изменения производительности вентилятора с помощью преобразователя частоты.

Внешний вид шкафа управления приведен на рис. 2.

Шкаф управления содержит управляющую и коммутирующую аппаратуру, а также цепи питания.

На рис. 2 обозначены: 1 – корпус ЩКУ; 2 – кнопки включения и выключения питания приборов; 3 – задающее устройство регулятора ЗУ 05; 4 – блок управления аналогового регулирования БУ-12 (управление нагревом с воздействием на ТРН); 5 – блок управления релейного регулятора БУ-21 (управление охлаждением с воздействием на ПЧ); 6 – регулирующий микроконтроллер Ремиконт Р130; 7 – аналоговый регулятор Р-17 (используется только для преобразования сигнала 0..5 мА в 0..10 В); 8 – импульсный регулятор Р-21 (в настоящее время не используется); 9 – управляющие входы преобразователя частоты HITACHI SJ-100; 10 – вольтметр; 11 – амперметр; 12 – преобразователь частоты HITACHI SJ-100; 13 – звено пост-

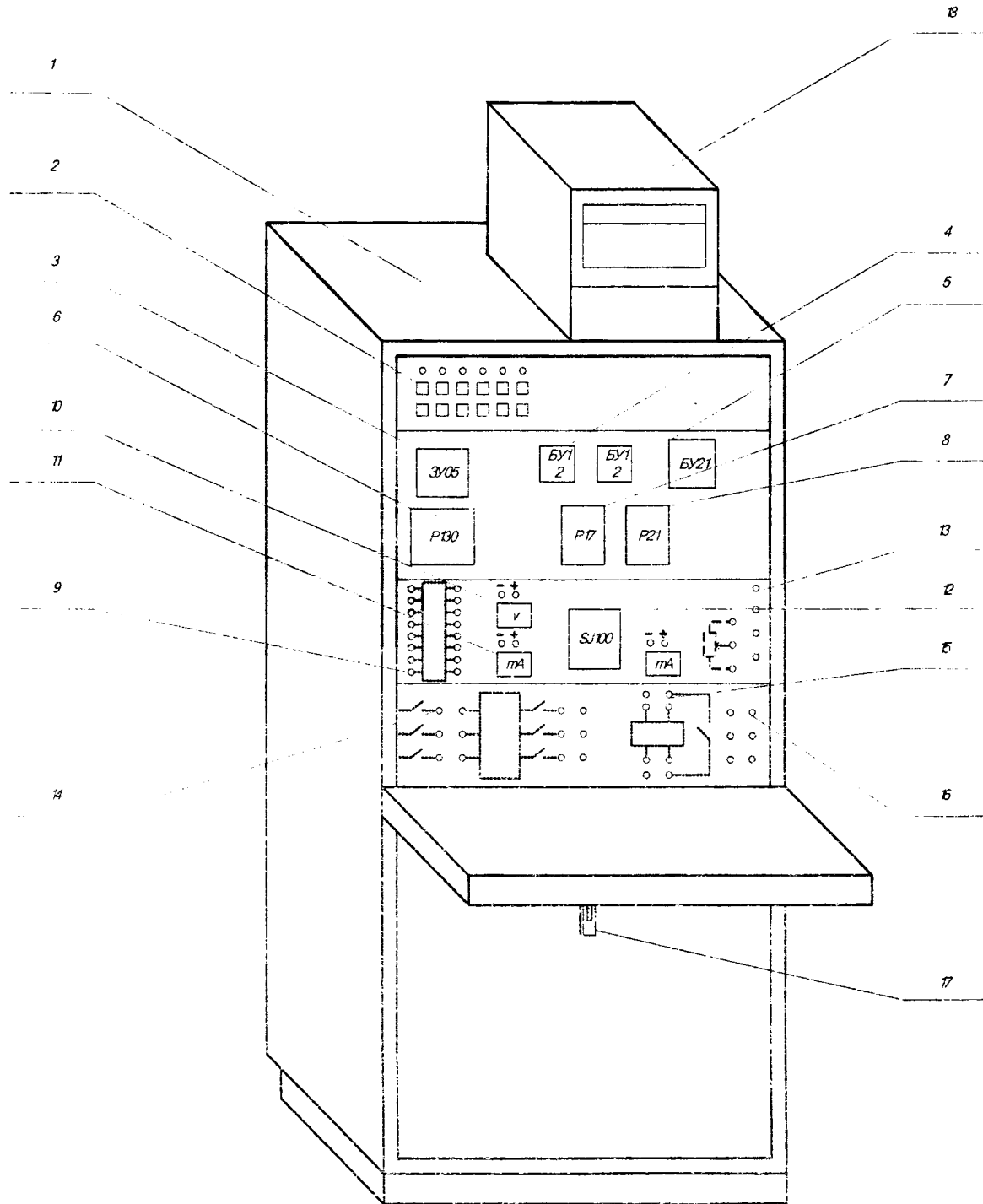


Рис. 2. Внешний вид лабораторного стенда.

янного тока преобразователя частоты; 14 – зажимы силовых цепей преобразователя частоты; 15 – зажимы силовых цепей тиристорного регулятора напряжения; 16 – гнезда делителя напряжения; 17 – вводной автомат 380V, 16A; 18 – регистрирующий прибор РП-160.

Силовая коммутирующая и управляющая аппаратура стенда включает:

тиристорный регулятор напряжения нагревателя на базе блока управления симисторами и тиристорами БУСТ производства компании ОВЕН, управляемый через блок управления аналоговый БУ12-1 сигналом 0...5 мА. БУ12-1 позволяет производить переключение режимов (ручной / автоматический), в ручном режиме изменять сигнал управления с помощью встроенного потенциометра, оповещать контроллер о переходе в ручной режим замыканием пары своих контактов, выдавать на аналоговый вход контроллера сигнал управления нагрузкой в ручном режиме;

пускатели магнитные ПМ-1 и ПМ-2, коммутирующие цепи нагревателя и водяного насоса соответственно. Управление пускателями осуществляется с помощью реле промежуточных РП-1 и РП-2 на 24В. Блок-контакты пускателей используются для формирования сигналов о включении нагревателя и насоса;

пускатель бесконтактный реверсивный ПБР2, управляющий приводом МЭП через блок управления БУ21. БУ21 позволяет производить переключение режимов (ручной / автоматический). в ручном режиме формировать сигналы управления ПБР с помощью кнопок «больше», «меньше». оповещать контроллер о переходе в ручной режим замыканием пары своих контактов;

преобразователь частоты HITACHI SJ100, изменяющий частоту питания привода вентилятора и его производительность. Управление ПЧ производится с помощью блока управления БУ12-2. Программирование ПЧ осуществляется посредством органов лицевой панели. ПЧ имеет программируемые дискретные входы-выходы.

Основным элементом шкафа управления является программируемый микроконтроллер Ремиконт Р130. Номенклатура входов-выходов контроллера определяется его модификацией. Имеющаяся (15-я) модификация обеспечивает 8 аналоговых входов (0...2 В), 2 аналоговых выхода (0...5 мА), объединенных в УСО группы А типа 1, и 8 дискретных входов, 8 дискретных выходов, объединенных в УСО группы Б типа 5.

Для преобразования токовых сигналов 0...5 мА в сигналы по напряжению 0...2 В используются нормирующие сопротивления 400 Ом. Дискретные входы-выходы рассчитаны на стандартное напряжение 24В.

Структурная схема цепей управления приведена на рис. 3.

На аналоговые входы контроллера заводятся следующие сигналы:

сигналы по температуре, формируемые блоком усиления сигналов термодатчиков БУТ 10;

сигнал задания по температуре от токового датчика ЗУ05;

сигнал управления тиристорным регулятором напряжения в ручном режиме, формируемый блоком управления БУ12-1, связанным с ТРН. Сигнал позволяет микроконтроллеру отслеживать изменение управления ТРН в ручном режиме для безударного перехода в автоматический режим;

сигнал управления преобразователем частоты в ручном режиме, формируемый блоком управления БУ12-2, связанным с ПЧ. Сигнал позволяет микроконтроллеру отслеживать изменение управления ПЧ в ручном режиме для безударного перехода в автоматический режим;

сигнал обратной связи по положению исполнительного механизма, формируемый делителем напряжения, в состав которого входит резистивный датчик положения, установленный в МЭП.

Аналоговые выходы контроллера управляют через блок управления БУ12 тиристорным преобразователем напряжения и преобразователем частоты.

На дискретные входы контроллера заводятся следующие сигналы:

сигнал о нахождении ТРН в режиме ручного управления, формируемый БУ12?1;

сигнал о том, что нагреватель включен, формируемый пускателем магнитным ПМ-1 при релейном управлении с использованием блок-контактов пускателя;

сигнал о том, что водяной насос включен, формируемый пускателем магнитным ПМ-2 с использованием блок-контактов пускателя;

сигнал о нахождении ПБР в режиме ручного управления, формируемый БУ21;

сигнал о нахождении ПЧ в режиме ручного управления, формируемый БУ12-2;

сигналы о достижении ИМ крайних положений, формируемые конечными выключателями МЭП;

сигнал с дискретного выхода ПЧ. Этот выход может быть запрограммирован на сигнализацию о достижении частотой или током двигателя определенных значений;

сигнал с дискретного выхода преобразователя частоты, который может быть запрограммирован на сигнализацию достижения частотой или током двигателя заданного значения.

Дискретные выходы контроллера коммутируют следующие цепи:

цепь реле промежуточного РП-1, управляющего включением пускателя магнитного ПМ-1 нагревателя;

цепь реле промежуточного РП-2, управляющего включением пускателя магнитного ПМ-2 водяного насоса;

цепи управления ПБР МЭП через БУ21 в автоматическом режиме;

цепи управления ПЧ через его 3 дискретных входа. На них могут быть запрограммированы такие функции ПЧ, как пуск и останов, установка фиксированных частот, увеличение и уменьшение скорости и т.д.

цепь звукового оповещателя (используется для сигнализации о ненормальном состоянии объекта или программы).

В настоящее время стенд активно используется для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств». Приводим перечень лабораторных работ:

1. Изучение структуры лабораторного стенда, схемы соединений, контролирующей и регулирующей аппаратуры, органов управления.

2. Экспериментальное определение статических и динамических характеристик объекта управления.

3. Реализация релейных систем регулирования температуры с воздействием по нагреву и охлаждению.

4. Расчет и реализация системы непрерывного регулирования температуры с воздействием по нагреву.

5. Расчет и реализация системы непрерывного регулирования температуры с воздействием по охлаждению.

6. Расчет и реализация системы импульсного регулирования температуры с воздействием по охлаждению.

Все работы рассчитаны на 4 академических часа.

Кроме того, на стенде проводятся лабораторные работы по курсу «Технические средства автоматизации» (изучение отдельных составляющих стенда), а также исследования, связанные с разработкой и апробацией систем автоматического управления повышенной сложности.

Несмотря на то, что внедрение разработанного стенда в учебный процесс позволило повысить качество подготовки инженеров по специальности 220301, планируется продолжение работы по его модернизации. В силу ограничений, накладываемых используемой аппаратурой, стенд имеет ряд недостатков:

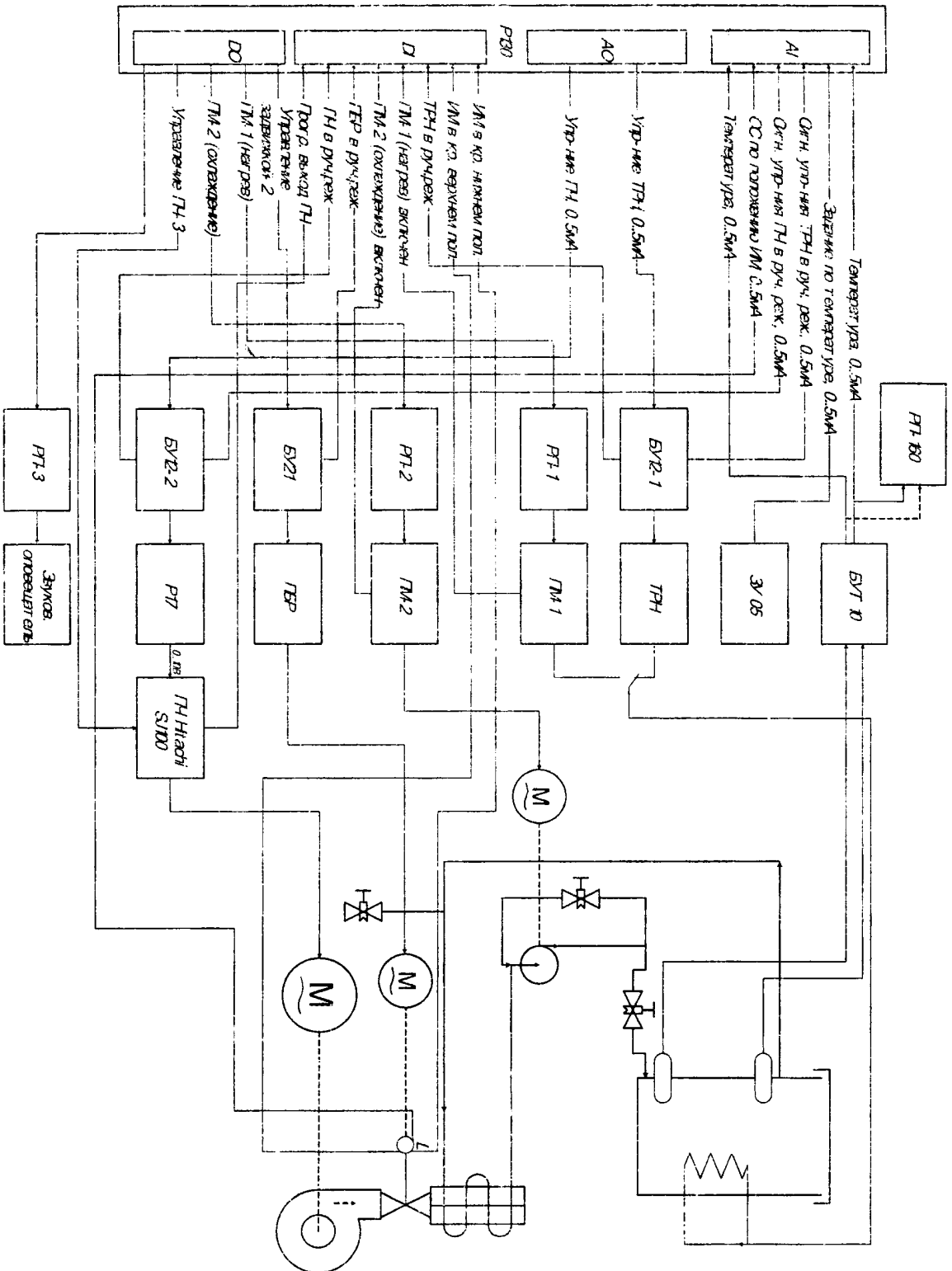


Рис. 3. Структурная схема цепей управления.

применение морально устаревших и несовершенных технических средств (контроллер «Ремиконт Р130»);

отсутствие связи с персональным компьютером, что затрудняет программирование контроллера и делает невозможным сопряжение стенда со SCADA-системами (в основном на кафедре изучается система TRACE MODE фирмы AdAstra). «Ремиконт Р130» программируется с помощью пульта настройки, что очень трудоемко, а для связи с ПК требуется специальный модуль – шлюз, который отсутствует;

невозможность изучения современных промышленных сетевых технологий. Р130 обеспечивает сетевой обмен данными по собственному закрытому протоколу только с другими Р130 или шлюзом. Между тем почти все

возможности встроенных в него УСО уже исчерпаны, и поэтому расширение системы не представляется возможным.

Для устранения перечисленных недостатков необходимо укомплектовать стенд современной управляющей аппаратурой, имеющей возможности расширения и выход на ПК (с соответствующим программным обеспечением) и поддерживающим промышленные сетевые интерфейсы.

В заключение авторы хотели бы выразить благодарность бывшим студентам специальности 220301 в разные годы принимавшим активное участие в разработке и монтаже установки, а также в постановке лабораторных работ: Д.А. Теличенко, М.П. Баркалову, В.И. Василевич, В.П. Отскачному, Д.А. Горкун.