

УДК 681.5

**Белоусов А. В.**, канд. техн. наук (Тел.: +7 (915) 522 76 60. E-mail: ntk@intbel.ru)

**Кошлич Ю. А.**, инженер (Тел.: +7 (909) 200 44 58. E-mail: koshlich@yandex.ru)

**Гребеник А. Г.**, магистрант (Тел.: +7 (910) 228 14 90. E-mail: iitusnik@gmail.com)

**Паращук О. В.**, магистрант (Тел.: +7 (910) 228 14 90. ....E-mail: iitusnik@gmail.com)

*(Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, Россия)*

## **АНАЛИЗ ЛИНИЙ СВЯЗИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

**Белоусов О. В., Кошлич Ю. О., Гребеник А. Г., Паращук О. В.** Аналіз ліній зв'язку для використання в якості фізичного середовища передачі інформації. Розглянуто проблему фізичного середовища передачі даних при реалізації ліній зв'язку в системах диспетчеризації реального часу. Особлива увага приділена протоколу передачі даних RS-485. Також наведено результати експериментальних досліджень при використанні інтерфейсу зв'язку RS-485 для забезпечення взаємодії функціональних рівнів системи. Установлено, що можна організувати мережу на інтерфейсі RS-485 без застосування репітерів завдовжки до 1 км. Також звичайні телефонні лінії зв'язку можна використовувати для інтерфейсу RS-485, підбираючи відповідні погоджувальні резистори й домагаючись необхідного сигналу в лінії, при цьому зменшуючи вплив перешкод і відображення сигналу.

**Ключові слова:** автоматизована система диспетчерського управління (АСДУ), передача даних, інтерфейс RS-485.

**Белоусов А. В., Кошлич Ю. А., Гребеник А. Г., Паращук О. В.,** Анализ линий связи для использования в качестве физической среды передачи информации. Рассмотрена проблема физической среды передачи данных при реализации линий связи в системах диспетчеризации реального времени. Особое внимание уделено протоколу передачи данных RS-485. Также приводятся результаты экспериментальных исследований при использовании интерфейса связи RS-485 для обеспечения взаимодействия функциональных уровней системы. Установлено, что можно организовывать сеть на интерфейсе RS-485 без применения репитеров длиной до 1 км. Также обычные телефонные линии связи можно использовать для интерфейса RS-485, подбирая соответствующие согласующие резисторы и добываясь необходимого сигнала в линии, уменьшая влияние помех и отражения сигнала.

**Ключевые слова:** автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ), передача данных, интерфейс RS-485.

**Введение.** Важной составляющей в многоуровневой иерархической структуре автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) распределенными технологическими объектами являются линии передачи данных, что подтверждается многими специалистами [1...4].

Одним из самых распространённых интерфейсов линий связи является интерфейс RS-485 [5]. Поэтому экспериментальные исследования при его использовании довольно актуальны для обеспечения взаимодействия функциональных уровней системы связи.

В связи с вышеизложенным, целью статьи является анализ линий связи для использования в качестве физической среды передачи информации.

**Методика исследования.** Типовая структура автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) распределенными объектами, как правило, содержит три функциональных уровня [1, 2, 4] (Рис. 1):

- нижний уровень – содержит первичные измерительные преобразователи (ПИП) с телеметрическими выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измеряемых параметров в распределенных объектах (расход, давление, температуру на вводе тепловых сетей в подающем и обратном трубопроводах, температуру

наружного воздуха, температуру помещениях зданий, температуру приточного воздуха, подаваемого в обслуживаемые помещения и др.), и локальные регуляторы (контроллеры), обеспечивающие регулирование, например приточно-вентиляционной установкой, системой отопления и горячего водоснабжения с учетом особенностей инженерных систем зданий;

- средний уровень – представляют контроллеры (специализированные или многофункциональные программируемые) со встроенным программным обеспечением для выполнения заданных задач, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с распределенных ПИП, накопление, предварительную обработку и передачу этих данных на верхний уровень автоматизированной системы управления и соответственно передачу управляющих сигналов с верхнего уровня на локальные регуляторы нижнего уровня;

- верхний уровень – содержит персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, осуществляющий сбор информации с контроллера (или нескольких контроллеров) среднего уровня, основную обработку поступившей информации с распределенных объектов зданий, отображение и документирование данных в виде, удобном для наблюдения за работой системы, регулирование работы энергохозяйства, получения информации для анализа и выработки рекомендаций по стратегии управления распределенными объектами с любого компьютера локальной сети.

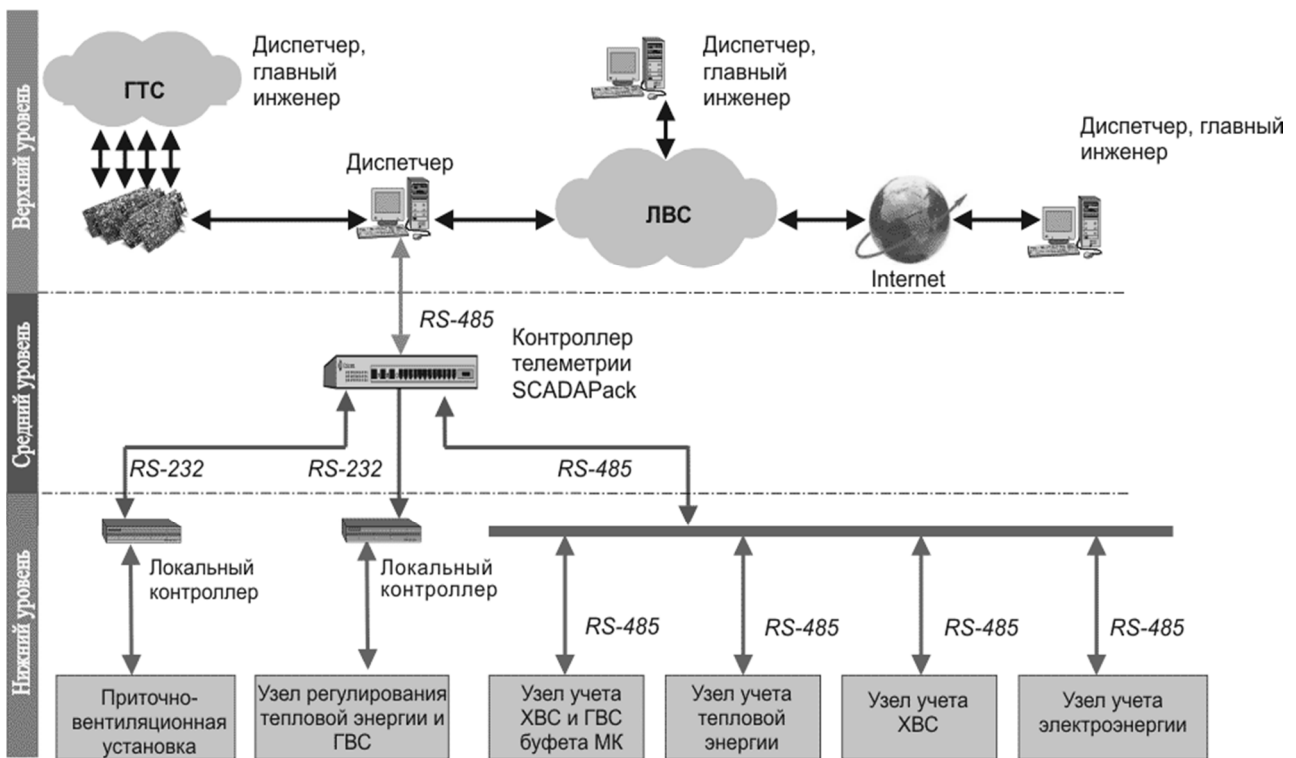


Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления объектами здания

При этом можно отметить следующее. Все локальные приборы нижнего уровня имеют телеметрические выходы для снятия информации. Задачу опроса ПИП выполняет контроллер среднего уровня, например, SCADAPack или иного типа. В свою очередь, с помощью специализированного программного обеспечения компьютер верхнего уровня опрашивает контроллеры среднего уровня и осуществляет отображение и сохранение информации.

В этой иерархической структуре АСДУ распределенными технологическими объектами линии передачи данных занимает особое место. RS-485, один из самых популярных интерфейсов линий связи, спроектирован как балансная система. Система называется

балансной, потому что сигнал на одном проводе является идеально точной противоположностью сигнала на втором проводе (Рис. 2).

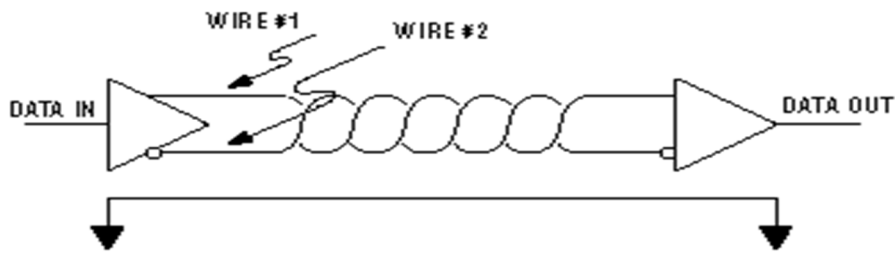


Рис. 2. Интерфейс RS-485

Другими словами, если один провод передает высокий уровень, другой провод будет передавать низкий уровень, и наоборот [5]. В качестве физической среды передачи обычно используют витую пару – пара проводов, которые имеют равную длину и свиты вместе. Использование передатчика, отвечающего требованиям спецификации RS-485, с кабелем на основе витой пары, уменьшает два главных источника проблем для разработчиков быстродействующих территориально распределенных сетей, а именно излучаемые электромагнитные помехи и индуцируемые электромагнитные помехи (наводка). Использование RS-485 позволяет значительно подавить излучаемые электромагнитные помехи и индуцируемые электромагнитные помехи. Спецификация RS-485 рекомендует, чтобы волновое сопротивление кабеля было равно 120 Ом. Рекомендация этого импеданса необходима для вычисления наихудшей нагрузки и диапазонов синфазных напряжений, определенных в спецификации.

При значительной протяженности сети следует использовать терминаторы – согласующие резисторы. Они устанавливаются на концах провода и служат для подавления отраженной волны, возникающей при передаче данных. Следует отметить, что при протяженности сети не более 300 метров установкой согласующего резистора можно пренебречь.

Если сопротивление согласующих резисторов не равно волновому сопротивлению кабеля, произойдет отражение сигнала, т.е. сигнал вернется по кабелю обратно и наложится на полезный сигнал [5]. Хотя, в силу допустимых отклонений в кабеле и резисторе, некоторое отражение неизбежно, значительные расхождения могут вызвать отражения, достаточно большие для того, чтобы привести к ошибкам в данных. Помня об этом, важно обеспечить максимально-возможную близость значений сопротивления согласующего резистора и волнового сопротивления.

Учитывая протяженность технологической сети БГТУ им. В. Г. Шухова и наличие большого количества подключенных устройств, для нахождения наилучшего значения согласующего сопротивления необходимо провести следующий эксперимент [1, 2, 6]. Схема эксперимента приведена на Рис. 3.

Суть эксперимента состоит в следующем. Изменяя значение сопротивления терминатора определяем количество пропущенных пакетов, при этом изменяя скорость обмена, как параметр. При организации теста, можно воспользоваться диагностической функцией протокола Modbus, которая возвращает данные, присланные в запросе.

Например, необходимо найти наилучшее значение согласующего сопротивления на скорости 115200 бод. Для этого один человек устанавливает определенное значение терминатора на одном конце соединения, а другой такое же значение на другом конце. В программе выбирается скорость 115200 и начинается тестирование. Если процент ошибок не

устраивает, тест приостанавливается, изменяются значения согласующих сопротивлений, затем тест повторяется.

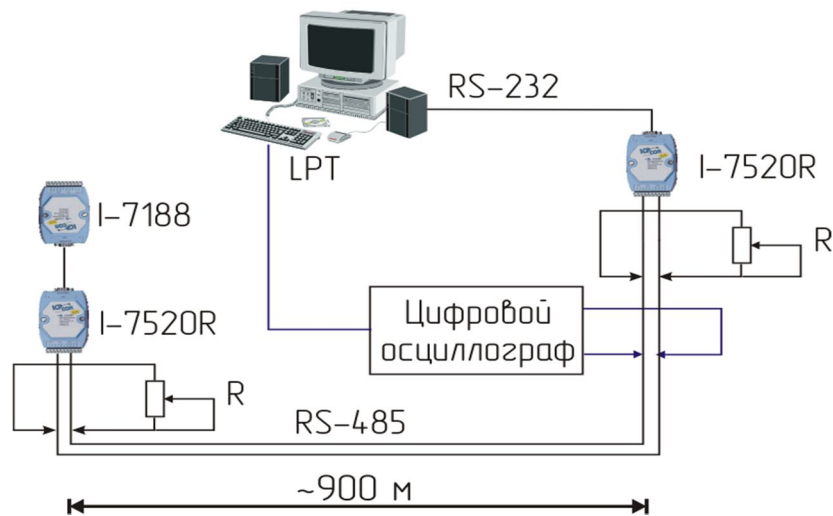


Рис. 3. Схема експеримента по адаптации линий связи для использования в качестве физической среды передачи информации

Учитывая, что на практике нередко приходится пользоваться существующими, уже проложенными линиями связи, то помимо эксперимента на обыкновенной витой паре были проведены эксперименты с протяженным (более 1,5 км) двухжильным телефонным кабелем. Причем с большим количеством соединений (скруток). Данный эксперимент позволил смоделировать передачу данных в реальных условиях.

На Рис. 4 представлены осциллограммы сигналов без терминатора. Как следует из Рис. 4, б, на скорости 115200 бод передавать данные невозможно, поскольку отраженный сигнал, накладываясь на полезный, приводит к тому, что невозможно распознать «высокий» и «низкий» уровни.

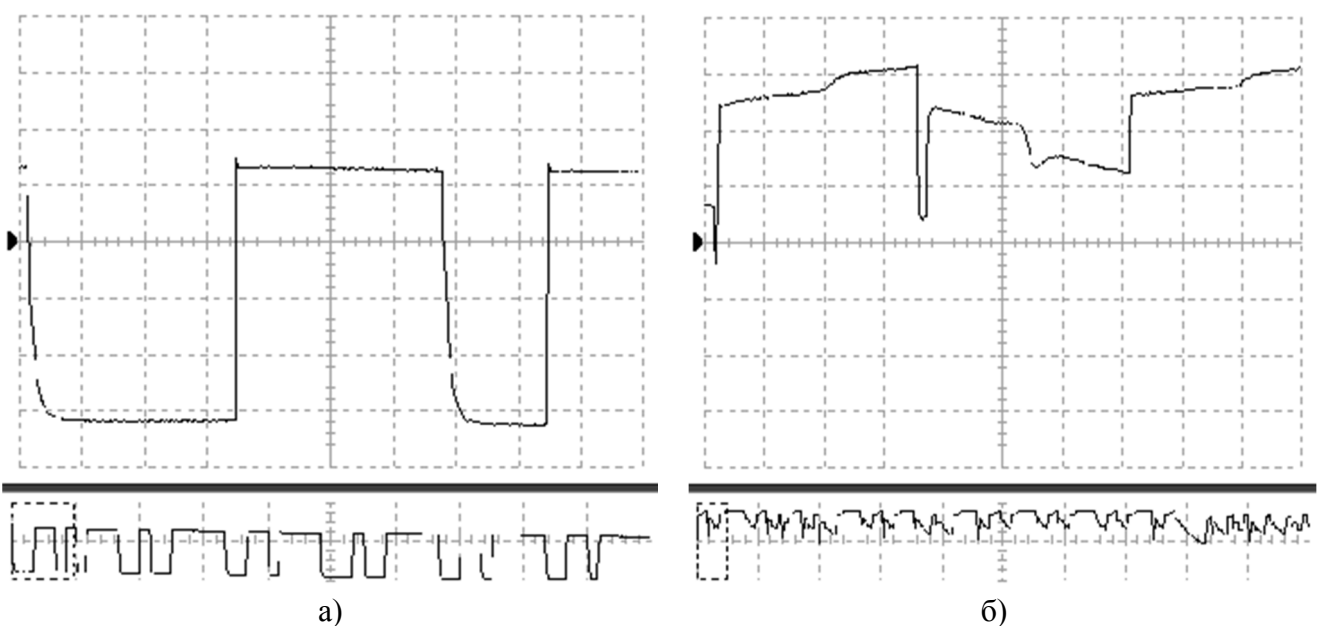


Рис. 4. Осциллограммы сигналов без терминатора:

а) на скорости 1200 бод – ошибка 0%; б) на скорости 115200 бод – ошибка 100%

Применение терминатора 75 Ом на скорости 115200 бод позволило снизить процент ошибок до 0.3 % (Рис. 5).

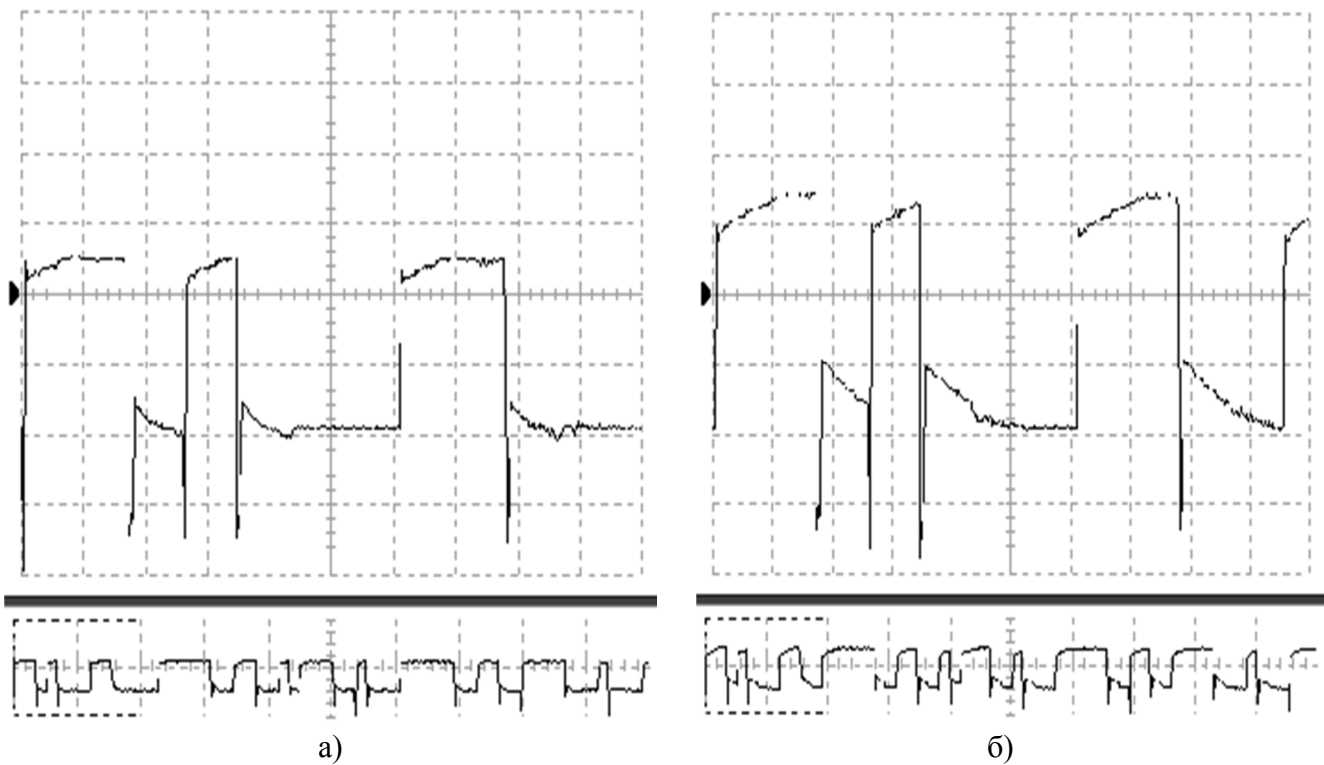


Рис. 5. Осциллограмма сигнала с терминатором на скорости 115200 бод:  
 а) терминатор 75 Ом – ошибка 0.3%; б) терминатор 195 Ом – ошибка 50%

Использование терминаторов с большим сопротивлением приводит к увеличению числа ошибок. Используя сервисное программное обеспечение, были проведены эксперименты для нахождения наилучшего согласующего сопротивления из ряда 250-5000 Ом (Табл. 1).

**Значения количества ошибок**

Табл. 1

Сопротивление терминатора	Скорость, бод						
	1200	2400	9600	14400	19200	38400	57600
1	2	3	4	5	6	7	8
5000	0%	0%	0,7%	0,8%	100%	100%	100%
2000	0%	0%	0,1%	0,2%	0,4%	100%	100%
1000	0%	0%	0%	0,15%	0,33%	100%	100%
750	0%	0%	0%	0,14%	0,26%	100%	100%
500	0%	0%	0%	0,14%	0,18%	0,2%	100%
380	0%	0%	0%	0%	0%	0,09%	100%
330	0%	0%	0%	0,18%	0,26%	0,32%	100%
250	0%	0%	0%	0,27%	0,4%	0,44%	100%

Из анализа (Рис. 6) следует, что наилучшим согласующим сопротивлением является значение 380 Ом.

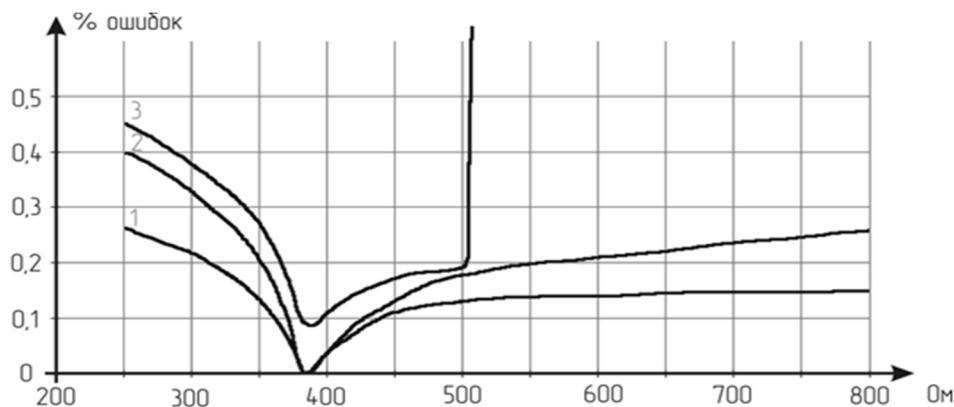


Рис. 6. Зависимости процента ошибок от значения терминатора на разных скоростях:  
1 – 14400 бод; 2 – 19200 бод; 3 – 38400 бод

**Выводы.** Таким образом, добиваясь согласования линии и подбирая терминаторы на витой паре, можно организовывать сеть на интерфейсе RS-485 без применения репитеров длиной до 1 км. Также обычные телефонные линии связи можно использовать для интерфейса RS-485, подбирая соответствующие согласующие резисторы и добиваясь необходимого сигнала в линии, уменьшая влияние помех и отражения сигнала.

### Литература

1. Glagolev S. N. Energy consumption objects monitoring systems – problems of web-based access to technological information / S. N. Glagolev, A. V. Belousov, Y. A. Koshlich at al. // American Journal of Economics and Control Systems Management. – 2013. – V. 1. – № 1. – P. 6-9.
2. Белоусов А. В. Реализация web-базированного доступа к технологическим параметрам в системе мониторинга распределенных объектов электропотребления / А. В. Белоусов, С. Н. Глаголев, Ю. А. Кошлич // Инновационные информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 373-375.
3. Буторин В. М. Применение алгоритма фиксированной маршрутизации для минимизации среднего времени задержки в сети / В. М. Буторин, А. В. Полянский, Е. В. Павлова // Научные ведомости Белгородского государственного университета: История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – № 1 (144). – Вып. 25/1.
4. Юдин Д. А. Программный комплекс системы технического зрения для оценки состояния процесса обжига / Д. А. Юдин, В. З. Магергут // Программные продукты и системы. – 2013. – № 2. – С. 38.
5. Аристова Н. И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУ ТП / Н. И. Аристова, А. И. Корнеева. – Москва : Научтехлитиздат, 2001. – 402 с.
6. Потапенко А. Н. Особенности автоматизации распределенных энергосистем зданий образовательного назначения / А. Н. Потапенко, А. В. Белоусов, Е. А. Потапенко // Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород : БелГТАСМ, 2002. – Ч. 3. – С. 146-151.

Дата надходження в редакцію: 6.12.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. А. І. Семенко