



РАЗВИТИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ

А.Н. Пупена, И.В. Ельперин

(Национальный университет пищевых технологий)

Рассматриваются история развития и современное состояние международной стандартизации промышленных сетей. Коротко описано содержание и предназначение стандартов МЕК из группы Industrial communication networks.

Ключевые слова: стандарт, промышленные сети, протокол, интерфейс.

Реализация интегрированных систем управления производством неизбежно связана с использованием промышленных сетей, в процессе жизненного цикла которых как при проектировании, так и при эксплуатации возникает ряд проблем, связанных с цифровыми коммуникациями:

1. Совместимость аппаратного и программного обеспечения от разных производителей;
2. Методика планирования, монтажа и проверки стабильной работы системы, а именно: распределение функций; конфигурирование связей; монтаж кабельных систем;
3. Обеспечение функциональной безопасности систем;
4. Обеспечение правильного функционирования в зонах повышенной опасности (Ex-зонах);
5. Обеспечение правильной эксплуатации.

Решение этих проблем позитивно влияет не только на надежность функционирования, но и на жизнь обслуживающего персонала. Наличие продуманных спецификаций, утвержденных на международных и государственных уровнях, могут решить эти проблемы.

Международные стандарты в области промышленных сетей сейчас по настоящему начинают набирать силу. Западная Европа и Северная Америка принимают или уже приняли часть из них на государственном уровне. К сожалению, об этом пока нельзя сказать в странах СНГ, где международные стандарты локализируются довольно медленно. Тем не менее, для отечественных разработчиков знание международных стандартов в области промышленных сетей может помочь при решении возникающих проблем.

Цель данной статьи — ознакомить читателей с историей развития и состоянием международных стандартов промышленных сетей и их применением при проектировании интегрированных систем управления.

История стандартизации промышленных сетей

Необходимость в формировании единого стандарта на промышленные сети появилась уже в 80-х годах XX века, когда на мировом рынке уже существовала масса различных предложений в этой области, что препятствовало нормальной интеграции оборудования различ-

ных производителей. Вследствие этого для многих сетей были изданы доступные спецификации, что дало возможность, с одной стороны, многим производителям оборудования зацепиться за наиболее удачные решения, а с другой — сделать эти решения стандартами де-факто. Таким образом, на рынке промышленных сетей стали доминировать открытые системы.

Предназначением первых открытых стандартов, на основании спецификаций, была формализация промышленных сетей, обеспечение надежности и стабильности спецификаций, что исключало их стремительное изменение и укрепляло доверие со стороны производителей аппаратного и программного обеспечения. Позже многие из стандартов закрепились на государственном уровне и приобретали юридическую силу, что обуславливало вытеснение закрытых систем в этих странах. Однако расширение рынка сбыта приводило к необходимости стандартизации и унификации сетевых протоколов на международном уровне. Желание наиболее крупных компаний сделать господствующим именно свой стандарт привело к так называемой "войне промышленных сетей".

Выделим пять этапов развития стандартов промышленных сетей [1]:

1986-1990 гг. — появление первых стандартов (PROFIBUS, FIP);

1990-1994 гг. — германо-французская война стандартов;

1995-1998 гг. — стандартизация в тупиковом состоянии;

1999-2000 гг. — нахождение компромисса;

2000-2008 гг. — усовершенствование и расширение стандартов МЕК.

В 1984 г. комитет TC65C Международной Электротехнической Комиссии (МЭК — IEC) начал процесс разработки единого универсального стандарта промышленной сети. Были определены требования для открытой промышленной сети, устройств удаленного ввода/вывода, контроллеров, согласующих устройств и т. д. Ставилась задача, чтобы такая универсальная сеть обеспечивала коммуникационные запросы на всех уровнях многоуровневой системы автоматизации. Наиболее популярные тогда стандарты: французский FIP и

немецкий PROFIBUS были предложены в качестве основы для универсальной промышленной сети. Однако различные принципы функционирования этих систем делали их лучшими в конкретных областях, поэтому универсальными они быть не могли. Единый стандарт должен был вобрать наиболее удачные решения. Системы постоянно дорабатывались, что и привело к появлению стандартов WorldFIP и проекта ISP.

Параллельно разработкой базовых концепций стандарта занимался комитет SP 50 американской организации ISA, что привело к появлению первой версии стандарта IEC 61158-2, основная структура которого до настоящего времени осталась без изменений.

В результате американская организация Fieldbus Foundation в рамках ISA, но без участия МЭК, разработала стандарт промышленной сети под названием Foundation Fieldbus (FF). Организация Fieldbus Foundation образовалась в результате слияния двух групп InterOperable Systems Project (ISP) и WorldFIP North America, поэтому их стандарт вобрал в себя элементы сетей WorldFIP и PROFIBUS.

В Европе закрепление единого стандарта, который вытеснил бы все остальные промышленные сети, никому не был выгоден, так как был несовместим с используемыми сетями. В связи с этим в пределах европейской организации CENELEC был найден компромисс: все национальные стандарты при рассмотрении компилировались в единый стандарт в той же редакции. То есть каждая часть многослойного стандарта являлась копией соответствующего национального стандарта и функционировала как самостоятельная часть. Чтобы сделать CENELEC более легким в использовании, разные про-

Таблица. Европейские стандарты промышленных сетей

CENELEC	Название сетей
EN 50170-1	P-Net
EN 50170-2	PROFIBUS
EN 50170-3	WorldFIP
EN 50170-A1	Foundation Fieldbus
EN 50170-A2	PROFIBUS-PA
EN 50170-A3	ControlNet
EN 50254-2	INTERBUS
EN 50254-3	PROFIBUS-DP
EN 50254-4	WorldFIP (FIPIO)
EN 50325-2	DeviceNet
EN 50325-3	SDS
EN 50325-4	CANOpen
EN 50295-2	AS-Interface

мышленные сети были связаны единой областью использования: 50170 – общего предназначения, EN 50254 – высокоскоростные системы обмена небольшими объемами данных и EN 50325, сети базирующиеся на CAN-технологиях. На более поздних этапах европейского процесса стандартизации британский национальный комитет предложил включить в эту группу стандартов американские сети FF, DeviceNet и ControlNet. Текущая картина стандартов EN представлена в таблице.

МЭК под влиянием Fieldbus Foundation в 1996 г. выдвинул на голосование проект промышленной сети на базе FF и WorldFIP. Однако страны с доминирующими инсталляциями PROFIBUS и других "европейских" сетей проголосовали против этого проекта. Завязались новые баталии с использованием юридических и политических приемов, которые закончились летом 1999 г. подписанием "Меморандума о понимании" между основными игроками рынка (Fieldbus Foundation, Fisher Rosemount, ControlNet International, Rockwell Automation, PROFIBUS user organization и Siemens). Вследствие принятого меморандума был создан всеобъемлющий стандарт IEC 61158, принятый в 2000 г. и включивший все системы промышленных сетей.

В отличие от стандартов CENELEC, где спецификации полностью влились в стандарт, МЭК сохранил оригинальную структуру исходного проекта. Архитектура промышленных сетей представлена аналогично OSI-модели, на которую ссылается базовая спецификация IEC 61158. Структура состоит из спецификаций на физический, канальный и прикладной уровень, каждый из которых делится на сервисы и протоколы. Каждый из уровней описан в разрезе "Типов", которые и отображают реализацию конкретной промышленной сети. Такая модульная структура дала возможность наращивания и усовершенствования, поскольку добавление или изменение конкретного Типа не влияет на общую целостность стандарта. Первоначально в IEC 61158 было описано восемь разных Типов, которые отображали восемь технологий промышленных сетей (FOUNDATION Fieldbus H1, ControlNet, PROFIBUS, P-Net, FOUNDATION Fieldbus HSE, Interbus, SwiftNet, WorldFIP).

Структура стандартов МЭК.

Несмотря на хорошо продуманную структуру, практическая ценность стандартов IEC 61158 была невелика, из-за трудностей их использования. Необходимы были руководящие доку-

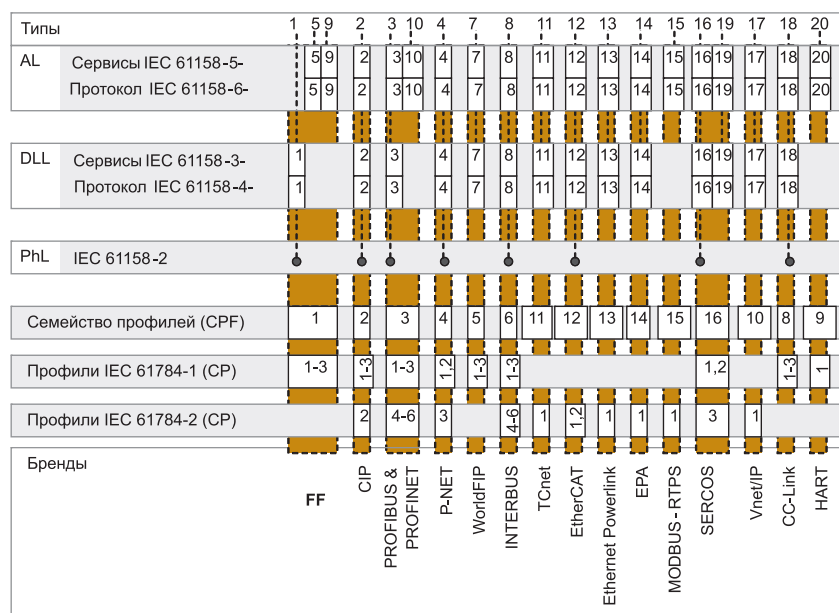


Рис. 1

менты, помогающие соединить все спецификации каждого Типа в единую систему. Этими документами стали спецификации стандартов IEC 61784, в которых были определены Профили, связывающие в единую систему все Типы IEC 61158.

Дополнительно к стандартам IEC 61158 и IEC 61784, в основном предназначенным для разработчиков оборудования, МЭК выпустил стандарт IEC 61918, описывающий последовательность планирования, правила монтажа и эксплуатации кабельных проводок для промышленных сетей и СКС промышленных зданий. Таким образом, МЭК перекрыл всю базовую часть необходимых нормативных документов для разработки, внедрения и эксплуатации промышленных сетей тремя группами стандартов под общим названием Industrial communication networks:

1. IEC 61158 – Industrial communication networks. Fieldbus specifications;
2. IEC 61784 – Industrial communication networks. Profiles Industrial communication networks;
3. IEC 61918 – Installation of communication networks in industrial premises.

С развитием стандартов к настоящему времени число Профилей и Типов удвоилось. Общую картину можно представить в виде диаграммы (рис. 1). Числа в середине диаграммы указывают на номер части стандарта, где описана спецификация на конкретный уровень модели. Так, например, число 2 в строке "AL Протокол IEC 61158-6-" означает, что протокол прикладного уровня (AL) для второго Типа (строка Типы) описан в стандарте IEC 61158-6-2. Для этого же Типа сервисы прикладного уровня описаны стандартом IEC 61158-5-2, сервисы канального уровня – IEC 61158-3-2, протокол канального уровня – IEC 61158-4-2, физический уровень описан в IEC 61158-2. Некоторые Типы описаны только на одном или двух уровнях, например, 7-й тип описан на прикладном и канальном уровне, а для 15-го Типа есть спецификация только на прикладном уровне.

Следует отметить, что в стандартах IEC 61158 Типы абсолютно не связаны с конкретной промышленной сетью. Для связи их воедино существуют Профили, в которых упоминается о брэндах для лучшего понимания и применения. Так, Типы 1, 5, 9 используются для сетей Семейства Профилей CPF1 (FF): Профили CP 1/1, CP 1/2, CP 1/3.

Серия стандартов IEC-61158

Эта серия стандартов предназначена для разработчиков аппаратного и программного обеспечения промышленных сетей (<http://webstore.iec.ch>). Первые две части IEC/TR 61158-1 и IEC 61158-2 касаются всех промышленных сетей из этой серии. В серии IEC/TR 61158-1 дано общее представление стандарта: структура и контекст серии; связь структуры со стандартом ISO/IEC 7498 OSI-модели; использования стандартов серии IEC 61158 с серией IEC 61784.

Референтная модель IEC 61158 ссылается на модель стандарта ISO/IEC 7498 и представляет собой

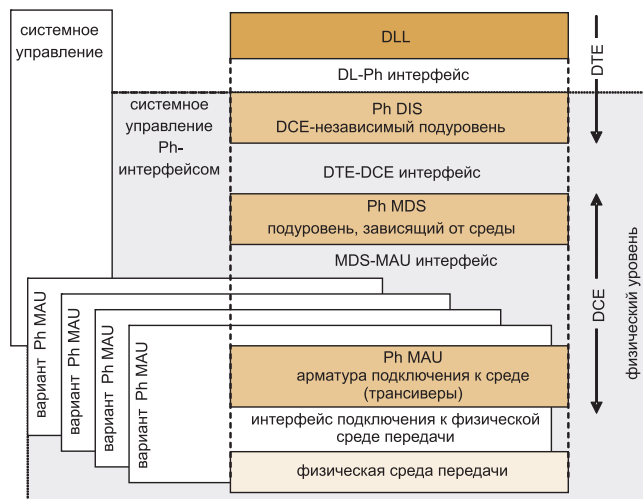


Рис. 2

набор уровней со своими сервисами и протоколами. Однако в отличие от OSI-модели данная модель имеет трехуровневую структуру:

- физический уровень описан в IEC 61158-2;
- канальный уровень описан в частях IEC 61158-3 (сервисы уровня) и IEC 61158-4 (протокол уровня), где каждая часть описывает отдельный Тип;
- прикладной уровень описан в частях IEC 61158-5 (сервисы уровня) и IEC 61158-6 (протокол уровня), где каждая часть описывает отдельный Тип.

Функции остальных уровней OSI-модели описываются в контексте канального или прикладного уровней, или могут быть выделены в отдельный уровень.

Стандарты IEC 61158-6 описывают протокол прикладного уровня (AL Protocols): описание синтаксиса и кодирования; применение процедур взаимоотношений; протокольная машина (в виде модели конечных автоматов).

В IEC 61158-5 приводится описание сервисов прикладного уровня (AL Services): модель и концепция; описание типов данных; прикладные объекты; описание сервисов; управление коммуникацией между конечными точками.

Стандарты IEC 61158-4 описывают протоколы канального уровня (DL Protocols): кодирование; доступ к среде передачи; протокольная машина (в виде модели конечных автоматов).

Сервисы канального уровня (DL Services) представлены в стандартах IEC 61158-3, где для каждого типа приводится: модель и концепция; описание сервисов; управление сервисами.

Физический уровень для некоторых Типов описан в стандарте IEC 61158-2, существующем в настоящее время в 4-й редакции. Цель стандарта – обеспечить набор правил и процедур для связи с объектами физического уровня. Стандарт определяет требования к конфигурации сетей, необходимых для гарантирования обмена целостными данными между объектами канального и физического уровней и объектами физических уровней между собой.

Структура модели физического уровня согласно IEC 61158-2 представлена на рис.2. Интерфейс между физическим и канальным уровнем (DL-Ph Interface) является виртуальным (без физических соединений), и определяет набор необходимых сервисов для связи между уровнями. Интерфейс System Management – PhL предоставляет сервисы, необходимые для выбора и настройки различных вариантов связи (беспроводная, оптическая, тип модуляции, резервный канал и т.д.).

Физический уровень в IEC 61158-2 разделен на две части, одна относится к DTE, а другая – к DCE. Подуровень Ph DIS (DCE Independent Sublayer) отвечает за базовые преобразования PhIDU (объекта данных интерфейса физического уровня) при передаче между физическим и канальным уровнем и за последовательность передачи и приема бит. Его функции не зависят от вариантов реализации физического уровня, отвечающих за кодирование, модуляцию, скорость, режим передачи и среду передачи. Последние реализуются в подуровнях, обозначенных как DCE.

DTE-DCE интерфейс – это физический интерфейс между устройствами DTE и DCE. В этой части IEC 61158-2 описываются сервисы, сигналы и методы кодирования для этого интерфейса.

Physical Medium Dependent Sublayer (MDS) – часть DCE, отвечающая за логическое шифрование/дешифрирование данных, добавление и извлечение преамбул и разделителей, и функции синхронизации. Medium Attachment Unit (MAU) – часть коммуникационного элемента, которая подключается к среде передачи данных непосредственно или через пассивные компоненты (например, трансивер – для электрических типов). Для MAU описываются необходимые условия и требования к параметрам физического сигнала, передаваемого по физической среде. Сервисы MDS-MAU интерфейса – это физические сигналы, объединяющие MAU и MDS. Medium Interface описывает тип соединительных элементов (клемм, коннекторов), предназначение их контактов и т.д.

Такая модель физического уровня дает стандарту максимальную гибкость, но несколько усложняет его структуру. В каждой части модели физического уровня и в стандартизации других уровней дается описание для конкретного Типа. Для представления общей архитектуры конкретной сети необходима спецификация на Профиль этой сети. Все доступные Профили собраны в серии IEC 61784.

Коммуникационные Профили IEC 61784

Стандарты серии IEC 61784 (<http://webstore.iec.ch>) определяют набор протоколов для разработки сетевых устройств в системах управления ТП и производством. Возможные варианты стеков протоколов соединяются в так называемые Коммуникационные Профили (СР), в понимании стандарта ISO/IEC TR 10000-1. Профиль (по ISO/IEC TR 10000-1) – это пакет согласованных и параметризованных базовых стандартов с явным определением взаимосвязи между ними. Выбор спецификации в Профиле производится путем явных ссылок на соответст-

венные базовые стандарты. Протоколы, входящие в Профили IEC 61784, описаны в других стандартах, в основном в IEC 61158. Таким образом, каждый Профиль включает минимальный набор необходимых сервисов прикладного уровня и спецификации опций в промежуточных уровнях, определенных в рекомендациях. При отсутствии прикладного уровня определяется минимальный набор необходимых сервисов на канальном уровне.

Коммуникационные Профили объединены в Семейства Профилей (CPF), имеющие общий набор протоколов и сервисов. Основной набор Коммуникационных Профилей приводится в первой части IEC 61784. Дополнительно в IEC 61784-2 описываются Профили, базирующиеся на RTE (Real-time Ethernet).

RTE – это сети, основанные на протоколах нижних уровней стека ISO/IEC 8802-3, которые дополнительно снабжены функциями надежной и предсказуемой доставки данных в реальном времени (детерминизмом) и поддержки синхронизации. В части стандарта IEC 61784-2 определены:

- требования к показателям эффективности для поддержки RTE;
- Профили и связанные с ними компоненты на базе стандартов ISO/IEC 8802-3, IEC 61158 серии и IEC 61784-1;
- RTE-решения, которые могут функционировать одновременно с приложениями, базирующимися на ISO/IEC 8802-3.

В третьей части стандарта IEC 61784-3 определены принципы построения функционально безопасных коммуникаций, базирующихся на Коммуникационных Профилях IEC 61784-1, IEC 61784-2 и протоколах уровней IEC 61158 а также стандартов серии IEC 61508 (Functional safety). Эта часть также описывает возможные расширения функциями безопасности для некоторых коммуникационных сервисов и протоколов стандартов IEC 61158.

Проектирование и монтаж коммуникаций промышленных сетей

Комплекс стандартов MEK Industrial communication networks был бы неполным без нормативных документов, посвященных вопросам проектирования и монтажа кабельных систем для промышленных сетей.

Для разработки кабельных систем в офисных зданиях существует стандарт ISO/IEC 11801, где определены правила построения структуры слаботочных кабельных систем, устанавливаемых в одном или нескольких офисных зданиях. Универсальная телекоммуникационная инфраструктура (СКС) зданий предназначена для передачи сигналов всех типов, включая речевые, информационные и видео. Формирование трактов передачи информации с использованием структурированной проводки позволяет повысить эффективность работы в сети и в случае промышленной автоматизации. Общие подходы к построению СКС на уровне промышленных зданий остаются такими же, однако отличие условий эксплуатации и специфики построения про-

мышленных систем автоматизации привела к появлению стандарта ISO/IEC 24702, разработанного с учетом следующих особенностей [2]:

- большие размеры обслуживаемой территории в сочетании с очень низкой (по офисным меркам) плотностью размещения розеток для подключения конечного активного оборудования;
- сложная электромагнитная обстановка;
- жесткие условия окружающей среды (климатические показатели, механические и химические воздействия);
- отсутствие технической необходимости в массовом применении сетевых устройств со скоростями передачи информации свыше 100 Мбит/с;
- потребность в подключении к информационной системе контроллеров, коммутаторов, преобразователей среды и других активных устройств, размещенных на различных подвижных механизмах;
- высокая вероятность применения активного оборудования для построения разнообразных "полевых" шин.

Стандарты ISO/IEC 11801 и ISO/IEC 24702 описывают: возможные структуры и минимальную конфигурацию для прокладки СКС; требования к реализации и продуктивности кабельных линий; требования к процедурам верификации. Однако они не охватывают весь перечень требований к планированию кабельных линий и их монтажа. Эти правила определяются стандартом ISO/IEC TR 14763-2 ("Создание и эксплуатация кабельных систем помещений заказчиков. Часть 2. Планирование и монтаж").

При одновременном использовании СКС и кабельных промышленных сетей необходимо определить правила их монтажа. Для этого МЕК разработал стандарт IEC 61918 – "Монтаж сетевых коммуникаций в промышленных помещениях". Этот стандарт содержит набор правил для проектирования размещения, подключения и использования кабельных проводок для обоих типов кабельных систем: СКС и промышленных сетей. Он содержит требования к следующим процедурам: планирования проводок; монтажа кабельных систем; приемосдаточным процедурам проверки; администрированию; обслуживанию и диагностике.

Части стандарта IEC 61784-5 (Industrial communication networks – Profiles – Part 5: Installation of field-buses) дополняют эти требования применительно к конкретному Профилю. Общая картина взаимоотношений стандартов изображена на рис. 3.

Выводы

Ознакомившись со структурой и содержанием стандартов МЕК Industrial communication networks, можно сделать следующие выводы.

1. Стандарты IEC 61158 охватывают практически всю область необходимых требований для разработки

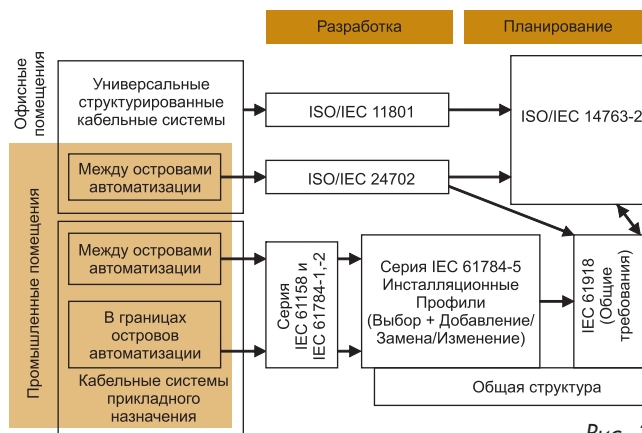


Рис. 3

устройств, применимо к заявленным Типам промышленных сетей, что решает проблему совместимости.

2. Стандарты IEC 61784-1 и IEC 61784-2 систематизируют IEC 61158, что облегчает их использование не только разработчикам аппаратного и программного обеспечения, но и проектировщикам.

3. В стандарте IEC 61784-2 дополнительно к Коммуникационным Профилям приведены требования к Real-time Ethernet, что обуславливает надежность использования Ethernet в промышленных коммуникациях и облегчает его интегрирование в общую сеть предприятия.

4. Для безопасных применений существуют стандарты IEC 61784-3, где описываются требования к использованию промышленных сетей отдельных Профилей и необходимых для этого расширений.

5. Методика планирования, монтажа, проверки правильной работы и администрирования промышленных сетей приводятся в стандартах IEC 61918 и IEC 61784-5 (применительно к Профилям).

Таким образом, в настоящее время стандарт охватывает все аспекты разработки, внедрения и эксплуатации промышленных сетей. Наличие хорошо продуманной нормативной документации дает возможность избежать ошибок как при разработке аппаратного и программного обеспечения, так и при проектировании АСУ с использованием промышленных сетей.

Стремительное появление новых спецификаций показывает заинтересованность мирового сообщества в этих стандартах, а значит и закрепление его в качестве базового на государственных уровнях. Очевидно, в ближайшем будущем ожидается наполнение стандартов новыми Профилями благодаря их модульной структуре.

Список литературы

1. Felsler M. The Fieldbus Standard: History and Structure. Technology Leadership Day 2002. Organised by MICROSWISS Network. HTA Luzern. №10. Oktober. 2002
2. Семенов А. Международный стандарт на СКС промышленного назначения // LAN. Журнал сетевых решений. 2007. №10.

Пупен Александр Николаевич — канд. техн. наук, доцент, Ельперин Игорь Владимирович — канд. техн. наук, проф. кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий (АКИТ) Национального университета пищевых технологий.

Контактный телефон 38-044-287-97-90. E-mail: san@usuft.kiev.ua