

Система весового контроля и учета целевых смесей с применением сетевых технологий

Т.Н. Юдин, М.П. Маслаков, В.В. Васильев

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Владикавказ

Аннотация: В данной статье рассматривается подход к разработке системы контроля и учета целевой смеси, загружаемой в стекловаренные печи, расположенные в машино-ванных цехах как отдельно взятого завода, так и группы стекольных заводов, входящих в одно предприятие. Предлагается структурная схема организации сбора, обработки и хранения данных, полученных от весовых индикаторов различных моделей, поддерживающих собственные форматы сетевых кадров. В качестве примера демонстрируется сетевая схема реализации обозначенной системы контроля и учета целевых смесей, применительно к двум территориально удаленным стекольным заводам, с использованием механизма построения частных сетей поверх открытых и публичных каналов связи. Обосновывается эффективность предложенных подходов к организации оперативного контроля за объемами загрузки целевой смеси в стекловаренные печи, а также целесообразность применения данного решения.

Ключевые слова: производство стекла, технологический процесс, автоматизированная система управления, учет шихты, весоизмерительный прибор, весовой индикатор, обобщенная структурная схема, сетевая схема, преобразователь интерфейсов, частная сеть, база данных.

Актуальность вопроса об организации системы учета целевой смеси, загружаемой в стекловаренную печь, на предприятиях стекольной промышленности обусловлена необходимостью повышения эффективности экономической деятельности и разработки соответствующих подходов к организации управления предприятием в условиях цифровой трансформации [1]. До недавнего времени существенным конкурентным преимуществом российской стекольной продукции на внешних рынках была более низкая себестоимость.

В настоящее время, когда происходит удорожание топливно-энергетических ресурсов, ставка только на низкие затраты себя не оправдывает, существующие затраты уже не могут обеспечить требуемого уровня конкурентоспособности. Сегодня, на первый план в целях формирования конкурентного преимущества выходит стратегически

ориентированная, эффективная система управления, позволяющая динамично и организованно реагировать на изменения во внешней среде, следствием этого является необходимость разработки и внедрения на предприятии соответствующей стратегическим задачам системы учета целевой смеси, загруженной в стекловаренную печь, позволяющей получать необходимую информацию для эффективного управления [2].

Бесперебойная ритмичная загрузка материалов в стекловаренную печь в заданной последовательности и установленном объеме, а также постоянство уровня в загрузчике являются одним из решающих условий, обеспечивающих ровный и устойчивый ход печи.

Состав шихты (т.е. долевое соотношение между отдельными компонентами), объемы отвесов, а также массовые доли стеклобоя для каждой печи устанавливает отдел Главного технолога. Временные изменения состава шихты и весовых значений, в том числе соотношения шихты и стеклобоя, в случае необходимости, могут производить старший мастер смены и главный стекловар. Загрузка печи осуществляется отдельными подачами или порциями, тип которых характеризуется числом и весом как самой шихты, так и стеклобоя, а также порядком накопления их в загрузочном бункере. Материалы, входящие в состав каждой подачи, набираются в строгом соответствии с заданным весом и последовательностью. При этом, параметры целевой смеси записываются в журнал работы печи и книгу машинистов весового контроля шихтоподачи для каждого отдельного случая загрузки [3].

Адекватная задачам развития и функционирования система учета целевой смеси, загруженной в стекловаренную печь предприятий стекольной промышленности, являющаяся не только элементом автоматизированной системы управления технологическим процессом (далее АСУ ТП) производства стекольной продукции, но и одним из столпов базы на которой

строится комплексная корпоративная информационная система, являющаяся инструментом оперативного и эффективного мониторинга, а также контроля [4, 5]. Применение подобных решений приобретает статус конкурентного преимущества предприятия в стратегическом аспекте. В настоящее время речь идет уже не столько о качестве конкретной стекольной продукции, сколько о качестве управления бизнес-моделью предприятия, посредством такого инструмента, как учет. Если информационная система организации не способна обеспечить соответствие динамичности перемен внутри компании, динамичности перемен во внешней среде, конкурентоспособность организации будет стремительно снижаться [6].

Несмотря на то, что распространенные системы автоматизации, в том числе используемые на предприятиях стекольной промышленности комплексные системы планирование ресурсов предприятия, предлагают различные инструменты учета расходов сырья, ресурсов, готовой продукции, но ни одна из них не позволяет осуществлять учет целевых смесей, изготавливаемых из сырьевых ресурсов и загружаемых в печи в привязке к режимам работы печи, съему стекломассы и уровню стекла в печи, в особенности, если речь идет о крупных стекольных производственных предприятиях, эксплуатирующих более одной печи и направленных на выпуск различных видов продукции, например, тарного стекла различной цветовой гаммы.

В связи с этим можно сделать вывод об актуальности разработки системы учета целевой смеси, загруженной в стекловаренную печь. Благодаря которой можно будет контролировать расходы сырьевых ресурсов, а также объемы загружаемых в печь целевых смесей в требуемом технологическим регламентом весовом эквиваленте, в том числе на территориально распределенном предприятии как в контексте одного завода с несколькими машино-ванными цехами, оборудованными более чем одной

стеклоvarной печью, так группы стекольных заводов, входящих в состав одной организации.

Такой подход, безусловно, будет способствовать как снижению затрат энергоресурсов (газ, электричество и т.п.), так и повышению эффективности управления предприятием в целом.

В качестве одного из элементов предлагаемой системы выступают весовые индикаторы, представляющие собой специальные устройства, основным назначением которых является измерение сигнала, поступающего от тензодатчиков. При этом, аналоговый сигнал преобразуется в цифровой. Подобные устройства применяются в составе различных весоизмерительных приборов. В частности, они используются в конструкции платформенных и автомобильных весов, весовых дозаторов и испытательного оборудования, находят они свое применение и в составе устройств для сбора данных.

В зависимости от назначения, весовые индикаторы могут иметь целый ряд функций. В частности, с их помощью можно не только получать данные об измерении веса, но и передавать информацию по используемым каналам связи. В качестве дополнительных функций в них могут быть реализованы такие, как возможность учета веса тары, подсчет количества единиц товара, перевод одних единиц измерения в другие.

К преимуществам современных моделей весовых индикаторов можно отнести удобство в эксплуатации, обеспечение высокой стабильности показаний, возможность широкого применения в различных сферах, при различных температурных и погодных условиях. Отдельно стоит отметить наличие у современных весовых индикаторов интерфейсов связи и поддержки промышленных протоколов передачи данных, что в свою очередь позволяет интегрировать их в комплексные системы учета и АСУ ТП.

В настоящее время на рынке представлены различного рода решения, направленные, в том числе, на автоматизацию весового контроля и учета

целевых смесей, как в виде программных продуктов, так и программно-аппаратных комплексов. В качестве примера можно рассмотреть:

1. UniServer AUTO, интегрированный с Конфигурацией 1С Предприятие 8.3 «ВесыСофт:Весовой терминал 2.0» [7] и позволяющий автоматизировать рабочее место весовщика и бухгалтера. При этом, весь оперативный учет взвешивания транспорта, формы отчетности, специфика учета, обработки и хранение данных о взвешивании реализованы в этой части на основе инструментальной системы 1С Предприятие 8.x, для работы которой потребуется сама Платформа 1С Предприятие 8.3 с ключом от любой типовой конфигурации версии ПРОФ;

2. Система контроля качества используемого сырья, материалов и готовой продукции на базе производственно-аналитического комплекса (ПАК 6.8) от компании «КОНСОМ ГРУПП» [8], включающая в себя конвейерный анализатора и системы управления механизмом его подъема, а также контроля весовой нагрузки конвейера и специализированного программного обеспечения. Данная автоматизированная система направлена на решение широкого спектра задач, в том числе связанных со сбором, обработкой и хранением данных, полученных с анализатора и смежных АСУ ТП, мониторингом расчетом среднего химического состава материалов в режиме реального времени как на конвейерной ленте, так и в объёме закладываемых штабелей и бункеров сыпучих материалов, управлением процессом дозирования расходных материалов для получения конечного продукта заданного качества и т.д.

3. Отдельные программные продукты, позволяющие выполнять простую настройку весовых индикаторов, а также регистрацию, учет и хранение данных результатов взвешивания груза [9-11]. Однако, такое программное обеспечение (далее ПО) обладает рядом недостатков, в

частности невозможность работы одновременно с двумя и более весовыми индикаторами, узконаправленность и не универсальность.

Применение рассмотренных выше решений непосредственно в стекольной промышленности является либо нерентабельным, либо неэффективным в части реализуемого функционала. Такой вывод обусловлен спецификой технологических процессов производства шихты и ее дальнейшей дозированной загрузки в стекловаренную печь, заключающихся только в необходимости контроля веса загружаемой целевой смеси. Однако, комплексные системы учета имеют высокую стоимость и обладают избыточным функционалом, а специализированное ПО не позволяет получать данные с большого количества весовых индикаторов, расположенных как в нескольких машино-ванных цехах, оборудованных более чем одной стекловарной печью, так и в целом группы стекольных заводов, входящих в состав одной организации, а также вести учет веса загружаемой целевой смеси в разрезе отдельных производственных смен.

Для реализации сбора информации, а именно значений, поступающих от весовых индикаторов, в разрабатываемой системе предусмотрены отдельные аппаратная и логическая шины данных, обеспечивающие возможность приема-передачи информации через порты последовательной связи, которыми комплектуются весовые индикаторы. Такой подход, в целом, позволяет абстрагироваться от конкретной модели используемых на предприятии весовых индикаторов и, как следствие формата передаваемых данных, а также преодолеть ограничения по длине физических линий связи.

На рис. 1 представлена структурная схема разработанной системы. В состав аппаратной шины данных входят преобразователи интерфейсов RS-232/422/485 в Ethernet, оптические медиаконвертеры, сетевое коммутационное оборудование и физические линии связи. Данная шина обеспечивает сбор и дальнейшую транспортировку показаний весовых

индикаторов различных типов, размещенных в территориально удаленных машино-ванных цехах и стекольных заводах, для дальнейшей обработки и мониторинга в едином диспетчерском центре.

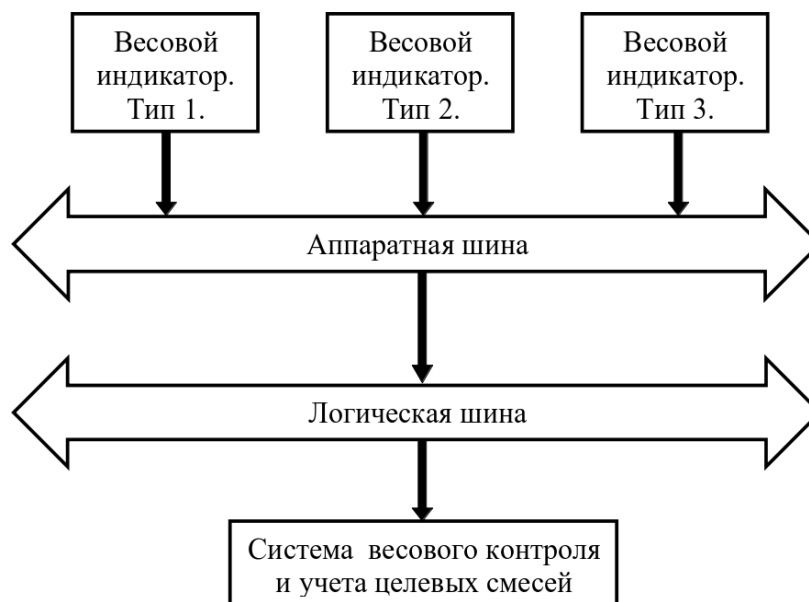


Рис.1. – Структурная схема системы весового контроля и учета целевых смесей

Логическая шина данных представлена в виде набора конфигурируемых модулей, содержащих описание формата выходных данных конкретного весового индикатора и правил их конвертации к единому структурированному виду. Помимо реализации функции конвертации, предусмотрена возможность обогащения передаваемой информации за счет добавления меток времени и уникальных идентификационных номеров зарегистрированных в системе весовых индикаторов.

Совокупность такого набора технических и алгоритмических решений позволяет в значительной степени повысить универсальность системы весового контроля и учета целевых смесей, фактически исключив привязку к конкретной модели весового индикатора, следовательно формату и структуре информационного пакета, а также повысить помехоустойчивость линий

передачи данных, в том числе за счет использования оптической среды передачи данных, и увеличить возможность территориального покрытия, т.е. обеспечить возможность подключения к системе большого количества весовых индикаторов в различных машино-ванных цехах, вне зависимости от количества установленных в них стекловаренных печей.

В качестве примера построения и функционирования системы весового контроля и учета целевых смесей рассмотрим стекольное предприятие, в состав которого входят два завода. При этом, на первом заводе имеются два машино-ванных цеха, оборудованных двумя и одной печью соответственно, а на втором заводе имеется один машино-ванный цех с тремя печами. Также стоит отметить, что на предприятии используются три различных модели весовых индикаторов. Загрузка целевой смеси в каждую отдельно взятую печь осуществляется строго в соответствии с планом съема стекла и контролируется главным инженером всего предприятия.

В рамках данного примера предлагается сетевая схема системы весового контроля и учета целевых смесей, включающая в себя элементы аппаратной и логической шин данных, приведенная на рис. 2.

Рассматриваемые в рамках данного примера весовые индикаторы, как и большинство современных, оснащаются промышленными интерфейсами передачи данных. В частности, весовые индикаторы рис. 2, а) и в) поддерживают стандарт RS-485, а весовой индикатор рис. 2, б) — RS-232. Несмотря на то, что ни спецификация EIA/TIA-485 (RS-485) (Electronic Industries Association (1983). Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Multipoint Systems. EIA Standard RS-485. OCLC 10728525), ни EIA232 (EIA standard RS-232-C: Interface between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange. Washington, USA: Electronic Industries Association, Engineering Department. 1969. OCLC 38637094) не содержат явных ограничений по длине

соединительного кабеля, имеется фактическое ограничение длины физической линии связи в 1200 м и 15 м соответственно, обусловленное ограничением максимального значения емкости применяемого кабеля.

Для решения задачи передачи показаний весовых индикаторов на большие расстояния, т.е. в отдельно расположенные помещения диспетчерской и рабочее место главного инженера, применяются преобразователи интерфейсов RS-232/RS-422/RS-485 в Ethernet (рис. 2, г)).

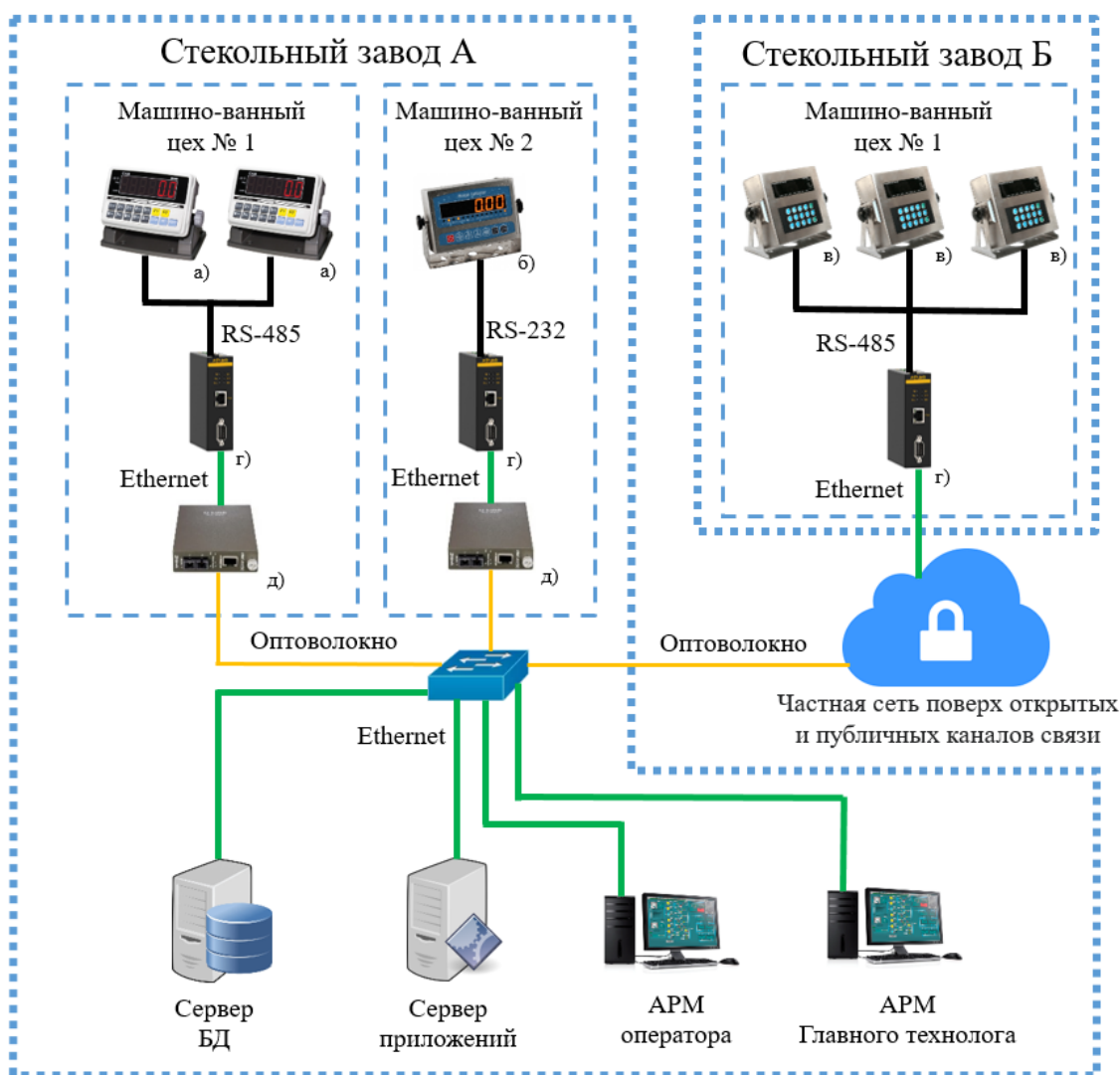


Рис. 2. – Сетевая схема системы весового контроля и учета целевых смесей:
а, б, в) — весовые индикаторы 3-х различных типов, г) — преобразователь интерфейсов RS-232/RS-422/RS-485 в Ethernet, д) — оптический медиаконвертор

Использование семейства протоколов и технологий Ethernet полностью снимает ограничения на длину физической линии связи за счет использования, в том числе оптоволоконного кабеля и сетевого коммутационного оборудования, а также частной сети, построенного поверх открытых и публичных каналов связи [12, 13]. В данном примере именно такой подход позволяет объединить в единое информационное пространство все весовые индикаторы, как размещенные на стекольном заводе «А», так и на территориально удаленном стекольном заводе «Б».

Таким образом, совокупность преобразователей интерфейсов RS-232/RS-422/RS-485 в Ethernet, оптических медиаконверторов, физических линии связи различных типов, сетевое коммутационное оборудование, а также технические и программные средства организации частных сети, построенных поверх открытых и публичных каналов связи, составляет обозначенную ранее аппаратную шину данных (рис. 1).

Логическая шина данных реализована в виде набора конфигурационных файлов, создаваемых и редактируемых администратором системы или инженером контрольно-измерительных приборов и автоматики (далее КИПиА), с описанием форматов сетевых кадров различных весовых индикаторов и программного модуля конвертации данных в единый формат с добавлением текущих значений даты и времени, а также уникального идентификатора конкретного весового индикатора, размещенных на отдельно выделенном сервере приложений. При получении пакета данных от того или иного весового индикатора модуль конвертации осуществляет преобразование данных в соответствии с заданными в конфигурационном файле правилами и выделение текущего значения веса. После чего происходит ожидание стабилизации значения в заданном диапазоне и формируется массив байт согласно разработанному формату (рис. 3).



Рис. 3. – Формат массива байт, содержащий показания весового индикатора после конвертации

Байты 1-2 содержат значение уникального идентификатора весового индикатора, зарегистрированного в системе.

Байты 3-6 содержат значения даты и времени в формате Unix timestamp [14].

Байты 7-10 содержат значение веса, в виде беззнакового вещественного числа одинарной точности с плавающей точкой.

Далее, сформированный массив байт сохраняется в базе данных (далее БД), расположенной на отдельном сервере, а сами значения полученного веса целевой смеси отображаются в пользовательского интерфейсе клиентской части системы весового контроля и учета целевых смесей, устанавливаемой на автоматизированное рабочее место (далее АРМ) оператора или Главного технолога.

Внедрение предлагаемой системы весового контроля и учета целевых смесей на стекольном производстве позволит не только повысить эффективность и оперативность контроля за объемами загрузки целевой смеси в стекловаренные печи, но и снизить расходы на внедрение комплексных решений, обладающих в том числе функционалом автоматизации весового контроля и учета целевых смесей.

Такой вывод обусловлен следующими факторами:

1. Точные значения отвесов целевой смеси, загружаемых в стекловаренные печи и получаемые в автоматическом режиме от весовых индикаторов, сохраняются в БД, что исключает человеческий фактор при ведении учета объемов и следованию плану загрузки;

2. Мониторинг значений отвесов целевой смеси в режиме реального времени, а также просмотр исторических данных с указанием точного времени взвешивания;
3. Простота внедрения и низкая стоимость за счет отсутствия необходимости развертывания комплексных систем весового контроля, обладающих избыточным функционалом применительно к решаемой задаче;
4. Высокий потенциал масштабирования системы, достигаемый за счет применения семейства протоколов и технологий Ethernet для передачи сетевых кадров от весовых индикаторов, через преобразователи интерфейсов RS-232/RS-422/RS-485 в Ethernet, непосредственно в программную составляющую системы для их дальнейшей обработки;
5. Возможность осуществления мониторинга и учета показаний с территориально распределенных постов взвешивания и загрузки целевой смеси, в том числе расположенных на различных заводах в рамках одной компании, за счет объединения их в единое информационное пространство;
6. Отсутствие жесткой привязки к конкретной модели весовых индикаторов за счет применения модуля конвертации данных в единый формат на основании пользовательских конфигурационных файлов, управление которыми осуществляет администратор системы или инженер КИПиА, с описанием сетевых кадров различных весовых индикаторов.

Литература

1. Ханова А. А., Бондарева И. О., Нестерова Е. Т., Кинжалиева А. Р. Разработка стратегии цифровой трансформации предприятия // Инженерный вестник Дона, 2021, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7112.
2. Шарипова, Н. 3. Устойчивое развитие предприятий стекольной промышленности / Н. 3. Шарипова // XIII Конгресс молодых ученых. Науки о жизни: Сборник тезисов, Санкт-Петербург, 08–11 апреля 2024 года. Санкт-



Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2024. С. 324-325.

3. Васильев В. В., Маслаков М. П. Блок управления двухкомпонентным дозатором // НТК-2016 : Научно-техническая конференция обучающихся и молодых ученых СКГМИ (ГТУ), Владикавказ, 05 июля 2016 года. Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2016. С. 74-77.

4. Аксенов К. А., Спицина И. А. Решение задачи интеграции информационных систем на примере автоматизированной системы выпуска металлургической продукции // Инженерный вестник Дона, 2023, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8495.

5. Лаута О.С., Федоров В.Х., Баленко Е.Г., Остроумов О.А., Вершенник Е.В. Методика автоматизированного процесса управления построением сложной технической системы // Инженерный вестник Дона. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8179.

6. Aliyev A. G., Shahverdiyeva R. O., Salimkhanova S. A. Issues of Development of the Information Support System of Innovative Enterprises Based on Modern Digital Platforms // Information Technologies. 2023. Vol. 29, No. 7. pp. 374-381. DOI 10.17587/it.29.374-381.

7. ВесыСофт: Весовой терминал 2.0 // ООО «ВесыСофт» URL: vesysoft.ru/programmnoe-obespechenie/vesysoft-vesovoy-terminal-2-0/ (дата обращения: 12.04.2025).

8. Система контроля качества используемого сырья, материалов и готовой продукции (на базе ПАК 6.8) // КОНСОМ ГРУПП URL: konsom.ru/solutions/dispatcherskij-kontrol-i-upravlenie/sistemy-kontrolya-kachestva-syrya-na-baze-pak-6-8/ (дата обращения: 12.04.2025).

9. Программное обеспечение визуализатор // VirtualExpo Group
URL: directindustry.com.ru/prod/rinstrum/product-25109-2466788.html (дата обращения: 12.04.2025).

10. МАССА-К: ScalesView100 // АО «МАССА-К»
URL: massa.ru/soft/peredacha-vesa-v-uchetnye-programmy/scalesview-100/ (дата обращения: 12.04.2025).

11. Программное обеспечение для весовых систем // КИНТЕНЗО - интернет магазин весового оборудования URL: kin-tenzo.ru/shopblog?blog_id=23 (дата обращения: 12.04.2025).

12. Ляпин Г. Д., Шатохин Н. А., Фарахутдинов А. А. Частные виртуальные сети (VPN): особенности функционирования и возможности применения в организациях с удаленными филиалами // Студенческий Вестник: актуальные вопросы науки и образования : Сборник студенческих научных работ. Елец : Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2024. С. 35-39.

13. Ibrahim L., Virtual Private Network (VPN) Management and IPSec Tunneling Technology. Middle East Comprehensive Journal For Education And Science Publications (MECSJ), 1, 2017. pp. 76-87.

14. Matthew N., Stones R. Beginning Linux Programming. Indianapolis, Indiana, US: Wiley. 2008. p. 148. ISBN 978-0-470-14762-7.

References

1. Khanova A. A., Bondareva I. O., Nesterova E. T., Kinzhaliyeva A. R. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 7.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7112.

2. Sharipova N. Z. XIII Kongress molodykh uchenykh. Nauki o zhizni: Sbornik tezisov, Sankt-Peterburg, 08–11 aprelya 2024 goda. Sankt-Peterburg: Natsionalnyy issledovatel'skiy universitet ITMO, 2024. pp. 324-325.

3. Vasilyev V. V., Maslakov M. P. NTK-2016 : Nauchno-tehnicheskaya konferentsiya obuchayushchikhsya i molodykh uchenykh SKGMI (GTU), Vladikavkaz, 05 iyulya 2016 goda. Vladikavkaz: Severo-Kavkazskiy gorno-metallurgicheskiy institut (Gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet), 2016. pp. 74-77.

4. Aksenov K. A., Spitsina I. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 6 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8495.

5. Laut O.S., Fedorov V.KH., Balenko E.G., Ostroumov O.A., Vershennik E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8179.

6. Aliyev A. G., Shahverdiyeva R. O., Salimkhanova S. A. Information Technologies. 2023. Vol. 29, No. 7. pp. 374-381. DOI 10.17587/it.29.374-381.

7. VesyoSoft: Vesovoy terminal 2.0 [VesyoSoft: Weight terminal 2.0]. ООО «VesyoSoft» URL: vesyosoft.ru/programmnoe-obespechenie/vesyosoft-vesovoy-terminal-2-0 (date assessed: 12.04.2025).

8. Sistema kontrolya kachestva ispolzuyemogo syrya, materialov i gotovoy produktsii (na baze PAK 6.8) [Quality control system for used raw materials, materials and finished products (based on SHC 6.8)]. KONSOM GRUPP URL: konsom.ru/solutions/dispatcherskiy-kontrol-i-upravlenie/sistemy-kontrolya-kachestva-syrya-na-baze-pak-6-8/ (date assessed: 12.04.2025).

9. Programmnoye obespecheniye vizualizator [Visualizer software]. VirtualExpo Group. URL: directindustry.com.ru/prod/rinstrum/product-25109-2466788.html (date assessed: 12.04.2025).

10. MACCA-K: ScalesView100. АО «MASSA-K». URL: massa.ru/soft/peredacha-vesa-v-uchetnye-programmy/scalesview-100/ (date assessed: 12.04.2025).

11. Programmnoye obespecheniye dlya vesovykh sistem [Software for weighing systems]. KINTENZO - internet magazin vesovogo oborudovaniya



[online store of weighing equipment] URL: kin-tenzo.ru/shopblog?blog_id=23
(date assessed: 12.04.2025).

12. Lyapin G. D., Shatokhin N. A., Farakhutdinov A. A. *Studencheskiy Vestnik: aktualnyye voprosy nauki i obrazovaniya: Sbornik studencheskikh nauchnykh rabot*. Yelets: Yeletskiy gosudarstvennyy universitet im. I.A. Bunina, 2024. pp. 35-39.

13. Ibrahim L. *Middle East Comprehensive Journal For Education And Science Publications (MECSJ)*, 1, 2017. pp. 76- 87.

14. Matthew N., Stones R. Indianapolis, Indiana, US: Wiley. 2008. p. 148.
ISBN 978-0-470-14762-7.

Дата поступления: 14.04.2025

Дата публикации: 20.10.2025