

DOI: 10.15593/2224-9400/2018.1.04

УДК 621.643: 004.9

Е.Р. Мошев, Г.С. Мырзин

ООО «УралПромБезопасность», Пермь, Россия

В.Д. Белов, Г.А. УстиновПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ И ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Приведены результаты анализа программных систем как инструмента компьютеризации интегрированной логистической поддержки трубопроводов нефтехимических предприятий. Показано, что рассмотренные программные системы можно объединить в три класса: общеуниверсальные; прикладные универсальные; прикладные специализированные. Из общеуниверсальных программных систем был рассмотрен комплекс программ MS Office; из прикладных универсальных – базовые версии программных систем: «AutoCAD» (Autodesk, США), «MicroStation» (Bentley Systems, США), «Компас-3D» (Аскон, РФ); «T-Flex» (Топ Системы, РФ); из прикладных специализированных программных систем – приложение к «Компас-3D» – «Оборудование: Трубопроводы» и система «ЛОЦМАН:PLM»; «Model Studio CS Трубопроводы» (ЗАО CSoft Development, РФ); продукты НТП «Трубопровод» (РФ), в том числе программа «Старт»; «АСТРА-НОВА» (ЗАО НИЦ «СтаДиО», РФ); «PLANT-4D PIPE» и «PLANT-4D Personal Isogen» (CEA Technology, Нидерланды); «SolidWorks Routing» (SolidWorks Corporation, США); «Isogen» (Alias Ltd, Великобритания); «AVEVA Plant» и «AVEVA Enterprise» (AVEVA, Великобритания); «Global-EAM» (Бизнес Технологии, РФ); «SAP R/3» (SAP AG, ФРГ); «PCMS» (PCMS, США). Дана краткая характеристика рассмотренных программных систем, показаны их преимущества и недостатки, как инструментов компьютеризации интегрированной логистической поддержки трубопроводов. Исходя из результатов анализа осуществлена формализованная постановка задач интегрированной логистической поддержки трубопроводных систем нефтехимических предприятий. Отмечено, что реализация поставленных задач обеспечит оперативное принятие научно обоснованных решений по логистической поддержке трубопроводных систем на всех этапах жизненного цикла, что позволит оптимизировать затраты на эксплуатацию трубопроводов, при одновременном повышении надежности, промышленной и экологической безопасности, а также экономической эффективности нефтехимических предприятий.

Ключевые слова: интегрированная логистическая поддержка, трубопроводные системы, жизненный цикл, интегрированная информационная среда, проблемно-ориентированная система.

E.R. Moshev, G.S. Myrzin

LLC «UralPromBezopasnost», Perm, Russian Federation

V.D. Belov, G.A. Ustinov

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

ANALYSIS OF SOFTWARE SYSTEMS AND PROBLEM STATEMENT OF INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT OF PETROCHEMICAL PLANTS PIPELINES

In this paper, the results of analysis of software systems as a tool for the computerization of integrated logistic support of petrochemical plants pipelines are presented. It is shown that the considered software systems can be combined into three classes: general universal; applied universal; applied specialized. From the general universal software systems the complex of Microsoft Office programs was considered. From the applied universal – basic versions of software: «AutoCAD» (Autodesk, USA), «MicroStation» (Bentley Systems, USA), «Kompas-3D» (Ascon, Russian Federation); «T-Flex» (TOP Systems, Russian Federation). From the applied specialized program systems was considered: application to «Kompas-3D» – «Equipment: Pipelines» and «LOTSMAN:PLM» system; «Model Studio CS Troboprovody» (ZAO CSoft Development, Russian Federation); products of NTP «Truboprovod» (Russian Federation) including the «Start» program; «ASTRA-NOVA» (ZAO NITs «StadiO», Russian Federation); «PLANT-4D Pipe» and «PLANT-4D Personal Isogen» (CEA Technology, Netherlands); «SolidWorks Routing» (SolidWorks Corporation, USA); «Isogen» (Alias Ltd, UK). «AVEVA Plant» and «AVEVA Enterprise» (AVEVA, UK); «Global-EAM» (Biznes Tehnologii, Russian Federation); «SAP R/3» (SAP AG, Germany); «PCMS» (PCMS, USA). The brief description of the considered software systems is given, their advantages and disadvantages as tools of computerization of the integrated logistical support of pipelines are shown. Based on the results of the analysis, a formalized formulation of the tasks of integrated logistics support of petrochemical plants pipeline systems is carried out. It is noted that the implementation of the tasks set will ensure prompt acceptance of scientifically-substantiated decisions on the logistical support of pipeline systems at all stages of the life cycle, which will optimize the costs of pipeline operation with simultaneous increase of reliability, industrial and environmental safety, and the economic efficiency of petrochemical enterprises.

Keywords: *integrated logistics support, life cycle, integrated information environment, the problem-oriented system.*

Анализ программных систем как инструмента компьютеризации интегрированной логистической поддержки трубопроводов нефтехимических предприятий

Под интегрированной логистической поддержкой (ИЛП) в статье понимается совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных

технологий, которые обеспечивают высокий уровень готовности промышленных трубопроводов (в том числе показателей, определяющих готовность, – безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности и др.) при одновременном снижении затрат на их эксплуатацию².

Программные системы, которые могут быть использованы для решения частных задач интегрированной логистической поддержки жизненного цикла (ЖЦ) трубопроводов нефтехимических предприятий (НХП), можно условно объединить в три класса: общеуниверсальные; прикладные универсальные и прикладные специализированные.

Из общеуниверсальных программных систем был рассмотрен комплекс программ MS Office; из прикладных универсальных – базовые версии программных систем: «AutoCAD» (Autodesk, США), «MicroStation» (Bentley Systems, США), «Компас-3D» (Аскон, РФ); «Т-Flex» (Топ Системы, РФ). Из прикладных специализированных программных систем, как наиболее распространенные в РФ, были проанализированы: приложение к «Компас-3D» – «Оборудование: Трубопроводы» и система «ЛОЦМАН:PLM» (Аскон, РФ); «Model Studio CS Трубопроводы» (ЗАО CSoft Development, РФ); продукты НТП «Трубопровод» (РФ), в том числе программа «Старт»; «АСТРА-НОВА» (ЗАО НИЦ «СтаДиО», РФ); «PLANT-4D PIPE» и «PLANT-4D Personal Isogen» (CEA Technology, Нидерланды); «SolidWorks Routing» (SolidWorks Corporation, США); «Isogen» (Alias Ltd, Великобритания). «AVEVA Plant» и «AVEVA Enterprise» (AVEVA, Великобритания); «Global-EAM» (Бизнес Технологии, РФ); «SAP R/3» (SAP AG, ФРГ); «PCMS» (PCMS, США).

Ниже приведена краткая характеристика указанных выше видов программных систем.

Комплекс программ MS Office позволяет формировать текстовые документы (MS Word), выполнять расчеты (MS Excel), создавать изометрические схемы (MS Visio) и базы данных (MS Access). Недостатками использования MS Office с точки зрения ИЛП являются: отсутствие интеграции между его программными модулями; низкая возможность автоматизации процедур информационной поддержки, например, формирования спецификаций по изометрической схеме. Входящая в программный комплекс база данных MS Access является файл-серверной СУБД, и потому применима лишь для приложений,

² ГОСТ Р 53394–2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. Введ. 14.09.09. М.: Стандартинформ, 2010. 23 с.

которые обслуживают небольшие объемы данных и при небольшом числе одновременно работающих пользователей.

Базовые версии «AutoCAD», «MicroStation», «Компас-График» и «Т-Flex» позволяют создавать 3D-модели, чертежи, изометрические схемы и спецификации, но с недостаточным для ИЛП уровнем информационного сервиса и без формирования электронной модели, что исключает возможность обмена данными между субъектами ЖЦ трубопровода в соответствии с концепцией интегрированной информационной среды (ИИС)³.

Приложение «Оборудование: Трубопроводы» [4] дополняет базовую версию «КОМПАС-3D», помогая с помощью специализированных библиотек, быстро и просто создавать 3-мерную модель трубопровода. На основе созданной модели автоматически формируются чертежи, спецификации и аксонометрическая схема. Система «ЛЮЦМАН:PLM» предназначена для управления инженерными данными и жизненным циклом изделия, является центральным компонентом комплекса решений АСКОН и обеспечивает: управление информацией о структуре, вариантах конфигурации изделий и включения компонентов в различные изделия; хранение технической документации на изделия; управление процессом разработки изделия, интеграцию компонентов САПР, САПР ТП, справочных данных [4]. Обладает возможностью интеграции с представленными на рынке MRP/ERP-системами.

Система «Model Studio CS Трубопроводы» [5, 6] предназначена для трехмерного проектирования внутривидовых, внутривидовых и межвидовых систем трубопроводов, в том числе технологических трубопроводов, трубопроводов пара и горячей воды, систем водо- и газоснабжения, отопления, канализации и др. Система работает в среде «AutoCAD», значительно расширяя ее возможности, и позволяет решать следующие основные задачи: трехмерная компоновка и моделирование; расчеты и проверка инженерных решений; формирование и выпуск проектной и рабочей документации. В программе реализован экспорт расчетной схемы трубопровода и всей сопутствующей информации, при этом используется и формат отечественной программной системы «Старт». Система имеет встроенные средства автоматической генерации аксонометрической схемы с простановкой выносок, разме-

³ Р 50.1.031–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Ч. 1. Стадии жизненного цикла продукции. Введ. 01.07.2002. М.: Изд-во стандартов, 2001. 38 с.

ров, отметок уровня и других элементов оформления. Возможности программы позволяют осуществлять обмен информацией в соответствии с концепцией ИИС.

Отечественная программная система «Старт» [7] предназначена для расчета трубопроводов на прочность и жесткость. Программа обладает достаточно удобным сервисом для анализа результатов расчета. Автоматизация формирования чертежей, изометрических схем и спецификаций в программе не предусмотрена, но при построении трубопровода создается его трехмерная стержневая модель, которая может быть сохранена в файл открытого формата и использована для экспорта во внешние информационные системы с целью последующей обработки. Компания НТП «Трубопровод» также является разработчиком системы управления параметрами и изделиями проекта на стадии монтажного проектирования [8], программ «Гидросистема» и «Изоляция», которые интегрированы с программой «Старт» и «Model Studio CS Трубопроводы».

Отечественная программная система «АСТРА-НОВА» включает в себя комплект программ для расчетов на прочность и вибрацию трубопроводов различной отраслевой направленности [9]. Функционал, принципы построения расчетной схемы и создаваемая в «АСТРА-НОВА» модель трубопровода близки к аналогичным характеристикам программы «Старт», но дополнительно содержат функции расчета на вибрацию. Функционал «АСТРА-НОВА» позволяет читать файлы открытого формата, созданные программой «Старт».

Модуль «PLANT-4D PIPE» предназначен для трехмерного моделирования систем трубопроводов [10]. Так же как и в «PLANT-4D P&ID», в «PLANT-4D PIPE» используются технологии «умных» объектов и объектно-ориентированных данных, осуществляется контроль ошибок. Кроме того, имеются «умные» функции, многократно упрощающие работу пользователя. «PLANT-4D PIPE» включает в себя параметрические библиотеки и каталоги широкой применимости. Все необходимые отчеты (спецификации, ведомости материалов, перечни оборудования и любая другая документация такого рода) генерируются автоматически. Модуль «PLANT-4D Personal Isogen» предназначен для генерации монтажных изометрических чертежей на базе соответствующей трехмерной модели, выполненной в «PLANT-4D PIPE». При генерации модуль осуществляет автоматическую разбивку больших изометрических чертежей на листы, проставляет все размеры и привязки, заполняет спецификацию на листе, проставляет позиции и оформляет

чертеж до стопроцентной готовности. Позволяет автоматически генерировать несколько видов изометрических чертежей с различным смысловым содержанием – от расчетной схемы до полностью оформленного монтажного чертежа. Может настраиваться под различные стандарты оформления чертежей, что позволяет генерировать чертежи в соответствии с требованиями заказчика.

Модуль проектирования трубопроводов «SolidWorks Routing» с использованием библиотек стандартных элементов [11]. Построение трехмерных схем осуществляется с автоматизацией прокладки трассы, но без формирования изометрической схемы. Совместно с другими продуктами SolidWorks позволяет выполнять вибрационные расчеты и расчеты на прочность.

«Isogen» – флагманский продукт английской компании Alias Ltd [12], специализирующейся на разработке программного обеспечения для промышленного проектирования и монтажа трубопроводов. Совместно с другими продуктами этой компании («Alias I-Sketch» и «Alias Spoolgen») «Isogen» используется для создания спецификаций, подготовки монтажа и выпуска монтажных изометрических чертежей (схем). Продукты компании интегрированы с системами трехмерного технологического проектирования типа, например «PLANT-4D» (CEA Technology) и «Smart Plant PDS» (Intergraph) [13].

С помощью программных продуктов компании AVEVA – «AVEVA Plant» и «AVEVA Enterprise» [14, 15] осуществляют расчет на прочность, оптимизацию трассировки трубопроводов, создают чертежи, изометрические схемы и спецификации. Продукты AVEVA поддерживают концепцию ИИС.

«Global-EAM» – российская информационная система управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. Система обладает широкими функциональными возможностями информационной поддержки оборудования на этапах эксплуатации и ремонта, включая: управление ремонтами и техническим обслуживанием оборудования, в том числе трубопроводов; автоматизацию получения аналитических отчетов и типовых документов по принятым формам; хранение и предоставление данных с целью оценки и прогноза технического состояния оборудования; оценку потребности в материалах и комплектующих, а также заказ их поставки [16]. Были рассмотрены и другие программные системы, в частности «TRIM-Planned Maintenance System» (АйТи-Эм, РФ) [17], «iMaint» (DPSI, США) [18], «АСТОР» (ООО «АРМСофт», РФ) [19], «Галактика ЕАМ» (Галактика, РФ) [20].

Система «SAP R/3» [21, 22] предназначена для управления ресурсами предприятия, включая управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. Система состоит из набора прикладных модулей, которые поддерживают различные бизнес-процессы компании и связаны между собой в масштабе реального времени. В качестве базы данных система использует СУБД «Oracle».

Система «PCMS» используется на этапе эксплуатации и предназначена для управления рисками и надежностью оборудования [16]. «PCMS» обладает развитыми средствами обработки данных, методиками качественного и количественного анализа технического состояния оборудования, разработанными на основе зарубежных и российских норм, позволяет выполнять расчет и анализ техногенных рисков, вести мониторинг коррозионного состояния, а также выступать в качестве экспертных систем по техническому диагностированию.

Дальнейший анализ программных систем, предназначенных для решения задач ИЛП нефтехимических предприятий, не выявил существенных отличий от уже рассмотренных программных продуктов.

Программные системы, предназначенные для подготовки к монтажу и формированию монтажно-исполнительной документации по трубопроводам («PLANT-4D Personal Isogen», «Isogen»), содержат большой набор функций для решения задач ИЛП на этапе монтажа, поддерживают концепцию ИИС. Однако у них не обнаружено таких необходимых для выполнения монтажа функций, как выбор типа подготовки к сварке кромок свариваемых элементов трубопровода; определение режимных характеристик процесса сварки, подбора марки электродов и расчета их массы на сварной стык; определения режима термообработки.

Используемые на этапах эксплуатации и ремонта ERP, EAM и РСМ системы, в частности «Global-EAM», «Галактика EAM», «SAP R/3» и «PCMS», содержат развитые средства обработки данных, методики качественного и количественного анализа технического состояния оборудования, разработанные на основе зарубежных и российских норм и позволяющие планировать ремонтные работы, выполнять расчет и анализ техногенных рисков, вести мониторинг коррозионного состояния, а также выступать в качестве экспертных систем по техническому диагностированию. При этом существенным условием эффективного использования таких систем является не только наличие большого количества достоверных данных о техническом состоянии оборудования и

трубопроводов, но и постоянная их актуализация. Однако большинство базовых конфигураций этих систем не содержат графические редакторы и не располагают собственными инструментальными средствами эффективного ввода большого количества данных, что является существенным недостатком и значительно снижает эффективность их применения. Для устранения указанного недостатка требуется докупать специальные программные модули или адаптированные программные продукты, которые помимо высокой стоимости не всегда соответствуют ожиданиям работающих с ними специалистов [23].

Исходя из результатов анализа, с целью совершенствования методов и инструментов проведения ИЛП была осуществлена формализованная постановка задач интегрированной логистической поддержки трубопроводных систем НХП, основные положения которой приведены ниже.

Формализованная постановка задач интегрированной логистической поддержки трубопроводов нефтехимических предприятий

Формализованная постановка задач интегрированной логистической поддержки трубопроводов НХП сводится к организации данного процесса таким образом, чтобы затраты на формирование документации, а также техническое обслуживание и ремонт трубопроводов на всех этапах ЖЦ были минимальны.

Сложность и многообразие конструкций трубопроводов НХП, разнообразие параметров транспортируемых сред, а также большое количество субъектов жизненного цикла, обрабатываемой информации и видов формируемой документации значительно усложняют процесс ИЛП. На основании результатов системного анализа ЖЦ трубопроводов, а также результатов анализа моделей, алгоритмов и комплексов программ интегрированной логистической поддержки сложных промышленных объектов показано [24], что для совершенствования ИЛП трубопроводных систем нефтехимических предприятий необходимо разработать специальные модели, алгоритмы и проблемно-ориентированные системы (ПОС), основанные на использовании системного подхода [2, 25, 26], методов теории искусственного интеллекта [1] и математического моделирования, логистики ресурсосбережения в сфере организации производства [27], а также концепции интегрированной информационной среды [2, 3].

Создание проблемно-ориентированной системы, учитывающей все аспекты ИЛП жизненного цикла трубопроводов задача практически невыполнимая, поэтому при ее разработке необходимо предусмотреть возможность обмена данными с внешними информационными системами, что в целом будет иметь синергический эффект и позволит осуществлять полноценную ИЛП жизненного цикла трубопроводов нефтехимических предприятий.

Исходя из сказанного, а также результатов анализа жизненного цикла ТС как объекта компьютерного моделирования [24] можно заключить, что проблемно-ориентированная система ИЛП жизненного цикла трубопроводов НХП должна отвечать следующим требованиям:

1. Архитектура ПОС должна включать: базу данных и знаний, расположенную на централизованном сервере предприятия; многофункциональное программное обеспечение; программный и клиентский интерфейсы, а также иметь соответствующую вычислительно-сетевую структуру.

2. Структура и размер баз данных и знаний должны обеспечивать: автоматизацию поиска и выбор постоянных и текущих данных для всех субъектов ЖЦ трубопроводных систем; уникальность данных; автоматизированный обмен данными между всеми субъектами ЖЦ трубопроводных систем.

3. Вычислительно-сетевая структура комплекса программ должна обеспечивать доступ к данным по ТС не только локальным, но и удаленным пользователям с санкционированным доступом, например, специалистам головной организации или представителям инспектирующих органов.

Программное обеспечение ПОС должно решать следующие задачи:

- защита данных от несанкционированного доступа;
- построение топологической модели трубопровода с возможностью получения изометрического и трехмерного изображений;
- определение общих технических характеристик трубопровода;
- определение и расчет характеристик конструктивных элементов трубопровода;
- обработка информации по группе трубопроводов;
- обработка результатов технического обслуживания и диагностирования;
- формирование проектной, монтажной, эксплуатационной и ремонтной документации;

- формирование и чтение файлов обмена данными с внешними информационными системами.

Создание ПОС, отвечающей указанным выше требованиям и задачам, невозможно без разработки информационно-технологических (ИТ) инструментов, обеспечивающих интеллектуальную поддержку принимаемых в процессе ИЛП решений и обработку различных типов данных, включая нечисловые данные. В качестве таких инструментов могут применяться: нормативно-справочные базы данных, модели представления знаний (МПЗ) о ИЛП жизненного цикла трубопроводных систем, модели представления знаний о трубопроводах и их элементах, а также вычислительные и эвристическо-вычислительные алгоритмы.

Для обеспечения автоматизированного выполнения процедур ИЛП нормативно-справочная база данных должна содержать следующее: сведения из стандартов на технические условия и сортамент конструктивных элементов трубопровода; названия используемых материалов и их механические характеристики; характеристики компонентов рабочих сред.

Модель представления знаний об ИЛП жизненного цикла трубопроводных систем должна содержать сведения об организации этого процесса. Такие сведения можно представить с помощью логико-информационных моделей, выполненных с использованием методологии IDEFO.

Декларативные знания о ТС целесообразно представлять в виде фреймов, которые относятся к моделям структурно-лингвистического типа и применяются для моделирования и переработки разнообразных знаний различных производственных объектов [1].

Знания о взаимной связи технико-технических характеристик трубопроводов и конструктивных характеристик элементов целесообразно представлять продукционными МПЗ, которые используются в системах искусственного интеллекта [1]. Продукционные модели совместно с логико-информационными и фреймовыми МПЗ необходимы для разработки формализованных эвристико-вычислительных процедур ИЛП и содержат набор продукционных правил, каждое из которых имеет следующий или аналогичный вид $PR ::= \text{ЕСЛИ (условие применимости), ТО (действие)}$.

Для создания программного обеспечения, соответствующего предъявленным выше требованиям, необходимо разработать математические и эвристическо-вычислительные алгоритмы, которые совме-

стно с логико-информационными, фреймовыми и продукционными МПЗ позволят эффективно принимать решения по ИЛП жизненного цикла трубопроводных систем.

С учетом сказанного была сформулирована следующая цель исследования: разработать с применением методологии системного анализа теоретические основы, информационно-эвристическо-вычислительные модели, алгоритмы и ПОС принятия решений по интегрированной логистической поддержке жизненного цикла трубопроводов НХП.

Для достижения сформулированной цели исследования необходимо решить следующие научно-технические задачи:

1) осуществить системный анализ жизненного цикла трубопроводов НХП как объекта компьютерного моделирования;

2) разработать комплексную логико-информационную модель, формализующую целенаправленное воздействие человека на объект исследования и системные связи в процедурах принятия решений по ИЛП жизненного цикла трубопроводных систем;

3) разработать фреймовые и продукционные модели представления знаний о трубопроводных системах на всех этапах ЖЦ;

4) разработать логико-информационные модели ИЛП проектируемых, монтируемых, эксплуатируемых и ремонтируемых трубопроводных систем;

5) разработать эвристическо-вычислительные алгоритмы, формализующие интеллектуальные процедуры принятия решений по ИЛП проектируемых, монтируемых, эксплуатируемых и ремонтируемых ТС;

6) разработать архитектуру, режимы функционирования и специальное программно-математическое обеспечение проблемно-ориентированной системы принятия решений по ИЛП жизненного цикла трубопроводов;

7) разработать базу знаний, обеспечивающую интеллектуальную поддержку принятия решений, а также программно-математическое и информационное обеспечение проблемно-ориентированной системы поддержки решений по ИЛП трубопроводов нефтехимических предприятий.

Реализация поставленных задач обеспечит оперативное принятие научно обоснованных решений по логистической поддержке трубопроводных систем на всех этапах ЖЦ, в том числе формирование эксплуатационно-технической документации и осуществление инженерно-технологических расчетов, что позволит оптимизировать затраты на

ИЛП, при одновременном повышении надежности, промышленной и экологической безопасности, а также экономической эффективности НХП в целом.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения. – М.: Химия, 1995. – 368 с.
2. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 416 с.
3. Атавин А.А., Карасевич А.М., Сухарев М.Г. Трубопроводные системы энергетики: модели, приложения, информационные технологии / РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – М.: Нефть и газ, 2000. – 320 с.
4. «АСКОН». Комплексные решения для машиностроения. Оборудование. Трубопроводы [1989–2015] // Компания АСКОН: [сайт]. – URL: <http://machinery.ascon.ru/software/developers/items/?prpid=1111> (дата обращения: 05.08.2014).
5. Группа компаний CSoft. Model Studio CS – Трубопроводы: [сайт]. – URL: <http://www.mscad.ru/programs/piping/> (дата обращения: 05.08.2014).
6. Коростылев А.В. Model Studio CS Трубопроводы: трехмерный проект на лету // CADmaster. – 2011. – № 6. – С. 76–79.
7. ООО «НТП Трубопровод». Старт – семейство программ для проектирования и расчета прочности и жесткости трубопроводов различного назначения [2002–2014]: [сайт]. – URL: <http://www.truboprovod.ru/cad/soft/start.shtml> (дата обращения: 06.01.2013).
8. Магалиф В., Корельштейн Л., Шапиро Е. СУБД-Проект // CADmaster. – 2006. – № 5. – С. 66–71.
9. «Научно-исследовательский центр СтаДиО». Комплекс программ «Астра-Нова» [2014]: [сайт]. – URL: http://www.stadyo.ru/frame.php?name=astra_nova1.html (дата обращения: 01.05.2014).
10. CEA Systems / Plant-4D – Plant Engineering Solution: [сайт]. – URL: <http://www.ceasystems.com/plant-4d-plant-engineering-solution/> (дата обращения: 01.07.2014).
11. SolidWorks Russia. SolidWorks Routing: [сайт]. – URL: <http://www.solidworks.ru/products/474/> (дата обращения: 08.09.2014).
12. ALIAS. ISOGEN: [сайт]. – URL: http://www.alias.ltd.uk/ISOGEN_main.asp (дата обращения: 21.08.2014).
13. Орельяна И.У. Технологические трубопроводы: техническая подготовка производства монтажных работ // CADmaster. – 2003. – № 3. – С. 54–59.
14. AVEVA. Software Solutions for the Plant Industries [2007–2014]: [сайт]. – URL: http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/AVEVA_for_Plant.aspx (дата обращения: 25.04.2014).

15. Ткаченко А.А. Перспективы решений Autodesk и AVEVA для проектирования российских нефте и газоперерабатывающих производств. Точка зрения отдела САПР // Промышленный сервис. – 2012. – № 3. – С. 5–7.

16. Global-EAM – Управление ремонтами и техническим обслуживанием оборудования [2012]: [сайт]. – URL: <http://www.global-eam.ru/> (дата обращения: 14.12.2012).

17. ITM. Информационная система управления ТООР: назначение и состав TRIM-PMS [1997–2014]: [сайт]. – URL: <http://www.itm.spb.ru/system-toir/> (дата обращения: 01.04.2014).

18. iMaint – CMMS Software – Service Management Software: [сайт]. – URL: <http://www.imaint.com/en/> (дата обращения: 05.04.2014).

19. АРМСофт – АСТОР [2010]: [сайт]. – URL: <http://www.arm-soft.ru/> (дата обращения: 07.11.2011).

20. Корпорация «Галактика». Галактика EAM – структура и основные блоки системы // Галактика EAM: [сайт]. – URL: <http://www.galaktika.ru/eam/galaktika-eam-2.html> (дата обращения: 27.04.2014).

21. Маззалло Д., Витлей П. SAP R/3 для каждого. Пошаговые инструкции, практические рекомендации, советы и подсказки. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2008. – 336 с.

22. SAP Software & Solutions [сайт]. – URL: <http://go.sap.com/index.html> (дата обращения: 14.12.2013).

23. Механизм совместного использования программных систем АСОД «Трубопровод» и РСМС / Е.Р. Мошев, Г.С. Мырзин, В.Г. Власов, Н.М. Рябчиков, М.А. Ромашкин, Е.С. Исаев // Технадзор. – 2013. – № 5. – С. 98–102.

24. Мошев Е.Р. Информационно-эвристическо-вычислительные модели и алгоритмы принятия решений по интегрированной логистической поддержке трубопроводных систем нефтехимических предприятий: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2015. – 468 с.

25. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1991. – 432 с.

26. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Перов В.Л. Математические основы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: Химия, 1979. – 318 с.

27. Мешалкин В.П. Логистика и электронная экономика в условиях перехода к устойчивому развитию / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – М., 2004. – 573 с.

References

1. Meshalkin V.P. *Ekspertnye sistemy v khimicheskoi tekhnologii. Osnovy teorii, opyt razrabotki i primeneniia.* [Expert systems in chemical technology. Fundamentals of theory, experience in development and application]. Moscow, Khimiia, 1995, 368 p.

2. Egorov A.F., Savitskaia T.V. *Upravlenie bezopasnost'iu khimicheskikh proizvodstv na osnove novykh informatsionnykh tekhnologii* [Control of the safety of chemical industries based on new information technologies]. Moscow, Himiya KolosS, 2004, 416 p.

3. Atavin A.A., Karasevich A.M., Sukharev M.G. Truboprovodnye sistemy energetiki: modeli, prilozheniia, informatsionnye tekhnologii. [Pipeline energy systems: models, applications, information technologies]. Moscow, GUP Izdatel'stvo «Nef't' i gaz» RGU nef'ti i gazi im. Gubkina I.M., 2000, 320 p.
4. «ASKON». Kompleksnye resheniia dlia mashinostroeniia. Oborudovanie: Truboprovody ["ASCON". Complex solutions for mechanical engineering. Equipment: Pipelines]. *ASCON*, available at: <http://machinery.ascon.ru/software/developers/items/?prpid=1111> (accessed 05 August 2014).
5. Gruppy kompanii CSoft. Model Studio CS – Truboprovody [Group of companies CSoft. Model Studio CS – Pipelines]. Available at: <http://www.msca.ru/programs/piping/> (accessed 05 August 2014).
6. Korostylev A.V. Model Studio CS Truboprovody: trekhmernyi proekt na letu [Model Studio CS Pipelines: 3D project on the fly]. *CADmaster*. 2011, no. 6, pp. 76-79.
7. ООО «NTP Truboprovod». Start – semeistvo programm dlia proektirovaniia i rascheta prochnosti i zhestkosti truboprovodov razlichnogo naznacheniia [LLC “NTP Truboprovod”. Start - a family of programs for designing and calculating the strength and rigidity of pipelines for various purposes]. 2002-2014, available at: <http://www.truboprovod.ru/cad/soft/ctapt.shtml> (accessed 06 January 2013).
8. Magalif V., Korel'shtein L., Shapiro E. «SUBD-Proekt». *CADmaster*. 2006, no. 5, pp. 66-71.
9. «Nauchno-issledovatel'skii tsentr StaDiO». Kompleks programm «Astra-Nova» [«Nauchno-issledovatel'skii tsentr StaDiO». Complex of programs «Astra-Nova»]. Available at: http://www.stadyo.ru/frame.php?name=astra_nova1.html (accessed 01 May 2014).
10. CEA Systems // Plant-4D – Plant Engineering Solution, available at: <http://www.ceasystems.com/plant-4d-plant-engineering-solution> (accessed 01 July 2014).
11. SolidWorks Russia. SolidWorks Routing, available at: <http://www.solidworks.ru/products/474/> (accessed 08 September 2014).
12. ALIAS. ISOGEN Available at: http://www.alias.ltd.uk/ISOGEN_main.asp (accessed 21 August 2014).
13. Ore'l'iana I.U. Tekhnologicheskie truboprovody: tekhnicheskaiia podgotovka proizvodstva montazhnykh rabot [Technological pipelines: technical preparation of assembly works production]. *CADmaster*. 2003, no. 3, pp. 54-59.
14. AVEVA. Software Solutions for the Plant Industries, available at: http://www.aveva.com/en/Products_and_Services/AVEVA_for_Plant.aspx (accessed 25 April 2014).
15. Tkachenko A.A. Perspektivy reshenii Autodesk i AVEVA dlia proektirovaniia rossiiskikh nef'te i gazopererabatyvaiushchikh proizvodstv. Tochka zreniia otdela SAPR [Prospects for Autodesk and AVEVA solutions for the design of Russian oil and gas processing industries. The view of the CAD department]. *Promyshlennyi servis*. 2012, no. 3, pp. 5-7.
16. Global-EAM – Upravlenie remontami i tekhnicheskim obsluzhivaniem oborudovaniia [Global-EAM – Repair and maintenance of equipment], available at: <http://www.global-eam.ru/> (accessed 14 December 2012).
17. ITM. Informatsionnaia sistema upravleniia TOiR: naznachenie i sostav TRIM-PMS [ITM. Information management system of maintenance and repair: appointment and composition of TRIM-PMS]. Available at: <http://www.itm.spb.ru/system-toir/> (accessed 01 April 2014).

18. iMaint – CMMS Software – Service Management Software. Available at: <http://www.imaint.com/en/> (accessed 05 April 2014).

19. ARMSoft – ASTOR, available at: <http://www.arm-soft.ru/> (accessed 07 November 2011).

20. Korporatsiia «Galaktika». Galaktika EAM – структура i osnovnye bloki sistemy. Galaktika EAM [Corporation "Galaktika". Galaxy EAM – the structure and main blocks of the system. Galaxy EAM], available at: <http://www.galaktika.ru/eam/galaktika-eam-2.html> (accessed 27 April 2014).

21. Mazzallo D., Vitei P. SAP R/3 dlia kazhdogo. Poshagovye instruktsii, prakticheskie rekomendatsii, sovery i podskazki [SAP R / 3 for each. Step-by-step instructions, tips, tips and tricks]. Moscow, Balans Biznes Buks, 2008, 336 p.

22. SAP Software & Solutions. Available at: <http://go.sap.com/index.html> (accessed 14 December 2013).

23. Moshev E.R., Myrzin G.S., Vlasov V.G., Riabchikov N.M., Romashkin M.A., Isaev E.S. Mekhanizm sovместnogo ispol'zovaniia programnykh sistem ASOD «Truboprovod» i PCMS [The mechanism of joint use of the software systems ASOD "Truboprovod" and PCMS]. *Tekhnadzor*, 2013, no.5, pp. 98-102.

24. Moshev E.R. Informatsionno-evristicheskoye vychislitel'nye modeli i algoritmy priniatiia reshenii po integrirovannoi logisticheskoi podderzhke truboprovodnykh sistem neftekhimicheskikh predpriatii [Information-heuristic-computing models and algorithms for making decisions on integrated logistics support of pipeline systems of petrochemical enterprises]. Ph. D. thesis. Moscow, 2015, 468 p.

25. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Analiz i sintez khimiko-tekhnologicheskikh sistem [Analysis and synthesis of chemical-technological systems]. Moscow, Khimiia, 1991, 432 p.

26. Kafarov V.V., Meshalkin V.P., Perov V.L. Matematicheskie osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniia khimicheskikh proizvodstv [Mathematical foundations of computer-aided design of chemical production]. Moscow, Khimiia, 1979, 318 p.

27. Meshalkin V.P. Logistika i elektronnaia ekonomika v usloviakh perekhoda k ustoichivomu razvitiuu [Logistics and e-economy in conditions of transition to sustainable development]. Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia. Moscow, 2004, 573 p.

Получено 10.01.2018

Об авторах

Мошев Евгений Рудольфович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, технический директор ООО «УралПромБезопасность» (614013, г. Пермь, ул. Ак. Королева, 4, e-mail: emoshev@uralpb.ru).

Мырзин Глеб Семенович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, ведущий эксперт отдела ИТ ООО «УралПромБезопасность» (614013, г. Пермь, ул. Ак. Королева, 4, e-mail: gleb@uralpb.ru).

Белов Владислав Дмитриевич (Пермь, Россия) – магистрант, кафедры машин и аппаратов производственных процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614013, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 9, e-mail: vladislav.belov.199@yandex.ru).

Устинов Глеб Андреевич (Пермь, Россия) – магистрант, кафедры машин и аппаратов производственных процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614013, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 9, e-mail: glebbb@inbox.ru).

About the authors

Evgeniy R. Moshev (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Technical Director ООО «UralPromBezopasnost», (4, Akademik Korolev str., 614013, Perm, e-mail: emoshev@uralpb.ru).

Gleb S. Myrzin (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, leading expert of Department IT ООО «UralPromBezopasnost» (4, Akademik Korolev str., 614013, Perm, e-mail: gleb@uralpb.ru).

Vladislav D. Belov (Perm, Russian Federation) – Undergraduate student of Chemical Engineering Faculty, Perm National Research Polytechnic University (9, Professor Pozdeev str., 614013, Perm, e-mail: vladislav.belov.199@yandex.ru).

Gleb A. Ustinov (Perm, Russian Federation) – Undergraduate student of Chemical Engineering Faculty, Perm National Research Polytechnic University (9, Professor Pozdeev str., 614013, Perm, e-mail: glebbb@inbox.ru).