
ISSN 2306-1561

Automation and Control in Technical Systems (ACTS)

2015, No 1, pp. 80-91.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-10



Concept of Automated Control System of Road Construction Works

Oleg Igorevich Maksimichev

Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

maksimychev@yandex.ru

Abstract. Modern production rates of linear road construction works require improvement of control systems. The paper proposes the concept of introducing a road construction complex automated control system that integrates the processes of interaction control systems road construction machinery. On the system tasked motion control construction machinery and spatial position and its working bodies, dispatching transport operations in real time. Search optimal algorithms and technologies appropriate to the level of economic justification of the main criterion of promotion of automation in the construction industry.

Keywords: automation of technological processes, information systems, building information modeling (BIM), GIS, road information modeling (RIM), integrated automated control system of road construction works, earthmoving machinery, road construction machines, life cycle of roads.

ISSN 2306-1561

Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)

2015. – № 1. – С. 80-91.

DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-10



УДК 681.3

Концепция автоматизированной системы управления дорожно-строительными работами

Максимычев Олег Игоревич

Российская Федерация, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

maksimych@yandex.ru

Аннотация. Современные темпы производства линейных земляных работ требуют совершенствования систем управления. В статье предложена концепция внедрения в дорожно-строительном комплексе системы автоматического управления, интегрирующего процессы взаимодействия систем управления дорожно-строительными машинами. На систему возлагаются задачи контроля перемещения строительной машины и пространственным положением и её рабочих органов, диспетчеризации транспортных операций в реальном масштабе времени. Поиск оптимальных алгоритмов и технологий, соответствующих уровню экономической оправданности применения является основным критерием продвижения систем автоматизации в строительную индустрию.

Ключевые слова: автоматизация технологических процессов, информационная система, информационное моделирование строительства (ИМС), геоинформационные системы (ГИС), информационное моделирование дорог (ИМД), интегрированная автоматизированная система управления дорожно-строительными работами (ИАСУ ДСР), САУ, землеройно-транспортные машины (ЗТМ), дорожно-строительные машины (ДСМ), жизненный цикл дорог.

1. Введение

Развитие информационных систем и автоматизации технологических процессов в сфере дорожного строительства, претерпевает новый эволюционный виток на основе введения современных нормативных требований и аппаратно-программного обеспечивающего комплекса.

Мировая практика широкого применения в строительных компаниях, систем спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) в области управления и контроля дорожно-строительной техникой (ДСТ) и оборудованием позволила решить сложные задачи комплексного управления строительством [1 – 26].

Технологии лазерного сканирования сделали возможным получать трёхмерные модели местности и строительных объектов с миллиметровой точностью, что практически полностью обеспечивает все требования СНиП по точности.

Информационные модели и 3D проекты дорожных конструкций обеспечили информационную эффективность и открытость проектов.

Бортовые системы автоматического управления (САУ) дорожно-строительных машин (ДСМ), в новом качестве, и на основе данных 3D моделей проектов, обеспечивают эффективное выполнение технологических процессов землеройно-транспортных работ, укладки дорожных одежд и т.д.

Вместе с этим информационное обеспечение строительства переходит в новую парадигму – информационного моделирования.

2. Стандарты качества, применяемые при строительстве автомобильных дорог

Исходя из имеющихся определений, информационное моделирование строительства ИМС (BIM Building Information Modeling) – это цифровое представление любого строительного объекта (включая здания, мосты, дороги и пр.), совместно используемое и являющееся надёжным источником принятия решений. Более широкая трактовка ИМС - это организационный и технологический подход к проектированию, строительству и эксплуатации объекта строительства (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей проектно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации об объекте строительства со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда объект строительства и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. BIM исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

В основу положен стандарт технического регулирования BIM в ISO (International Standard Organization) поддерживаемый комитетами:

1. Технический комитет ISO/TC 59 - Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC13 - Organization of information about construction works (Организация информации о строительных работах).

2. Комитет ISO/TC184 - Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет SC4 - Industrial data (Промышленные данные).

Стандарты, поддерживаемые этими комитетами, не относятся напрямую к строительству дорог, но чётко регламентируют этапы и технологии, которые позволяют осуществлять нормативную поддержку эффективной реализации всего жизненного

цикла объекта строительства. Поэтому можно принять название - информационное моделирование дороги ИМД (RIM, Road Information Modeling) [1].

Поводом для перехода в новое качество стали известные проблемы, связанные с дорожным строительством носящие комплексный характер, решение которых лежит, в том числе, в областях информационно-технического контроля и управления. Так, например, Госкомпания «Автодор» определила вызовы, которые стали основополагающими для решения задач по оптимизации системы поддержания комплекса жизненного цикла (КЖЦ) дорог:

1. Возрастающая сложность проектов.
2. Возрастающая цена ошибки проектировщиков.
3. Снижение рентабельности инфраструктурных проектов.
4. Сокращение сроков подготовки и реализации проектов.
5. Экономика КЖЦ (приведенные затраты).

3. Информационное моделирование жизненного цикла автомобильных дорог

3.1. Структура комплекса жизненного цикла дорог

Вариант структуры комплекса жизненного цикла (КЖЦ) дорог показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Вариант структуры комплекса жизненного цикла дорог

Всё это в свою очередь инициировало начало разработки «Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [4], который закладывает основу комплексной системы автоматизации управления строительством. Целью плана является повышение качества проектной документации и сокращение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог, повышение эффективности капитальных вложений на всех стадиях жизненного

цикла дорог внедрения в инженерные и управленческие процессы парадигмы «Информационное моделирование дорог».

3.2. Задачи внедрения технологий информационного моделирования и поддержания жизненного цикла автомобильных дорог

Задачи плана внедрения технологий ИМД:

1. Разработать основы нормативной, организационной и технологической поддержки «Информационного моделирования дорог в процессе их жизненного цикла».
2. Разработать стандарты по форматам данных, моделям и процессам для их реализации при проектировании, строительстве (реконструкцию, ремонт) и эксплуатации автомобильных дорог, включая выполнение работ по кадастру земель, инвентаризации, техническому учету и диагностике дорог.
3. Сформировать условия для интегрированного управления процессами «Информационного моделирования дорог», опираясь на достижения информационно-телекоммуникационных технологий и глобальной навигационной спутниковой системы позиционирования (ГЛОНАСС).

Задачи поддержания жизненного цикла ИАСУ ДСР в парадигме информационного моделирования строительства дорог:

1. Методическая поддержка отраслевых нормативных рекомендаций, регламентирующих применение комплекса средств автоматизации и информационных технологий в строительстве.
2. Информационное моделирование процессов управления, хранения и обработки данных в ИАСУ ДСР. Разработка алгоритмов АСУ ТП и САУ.
3. Разработка методик и средств обеспечения достоверности получаемых данных от ИС и САУ ДСМ.
4. Разработка методик расширения и модернизации ИАСУ ДСР.
5. Экспертно-методическое сопровождение программных средств обеспечения, входящих в ИАСУ ДСР и ИМД.
6. Разработка и поддержка БД и экспертных систем ИМД.

3.3. Базовые компоненты информационного моделирования и их характеристики

Базовыми компонентами информационного моделирования дорог в ЖЦ или цикле DBO (Design –проектируй, Building – Строй, Operate – Эксплуатируй) являются:

- САД (САПР) – система автоматизированного проектирования (3D);
- ГИС (ГИС) – геоинформационная система(3D);
- ИРМ (ИСУП) – информационная система управления проектами(3D+время=4D);
- АССР – автоматизированная система сметных расчетов (3D+время+ресурсы=5D);

- ИАСУ ДСР – интегрированная автоматизированная система управления дорожно-строительными работами;
- ITS (ИТС) – интеллектуальная транспортная система.

Состав представляет ряд компонент, входящих в обеспечение ИМД которые могут быть охарактеризованы нижеперечисленными качественными показателями.

Полнота данных

Полнота данных ВІМ-модели: достаточна для принятия ВСЕХ управленческих и технических решений.

Данные имеют документальный статус и являются первичным источником для принятия решений.

ВІМ –это не модель данных, а модель знаний.

Должностные обязанности

Все должностные обязанности в рамках всех этапов жизненного цикла полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.

Все контрактные обязанности внешних исполнителей могут быть полностью исполнены только на основе ВІМ-системы.

Управление изменениями

В организации внедрен процесс анализа бизнес-процессов и метод «анализа корневых причин», а реакция на проблемы не превышает 48 часов.

Бизнес-процесс

Все бизнес-процессы собирают и немедленно (real-time) актуализируют информацию для ВІМ (большой акцент на датчики объективной информации и документооборот в полевых условиях).

Инфраструктура дорожных данных: нет дублирования при вводе данных (синхронизация всех технических и обеспечивающих процессов: сметного и табельного учёта и т.д.).

Время выполнения запросов

Вся информация организации находится в ВІМ, непрерывно обновляется на основе данных от датчиков и операторов.

Ответы на запросы поступают немедленно, доступны, точны и имеют юридическую значимость.

Таким образом, внедрение ИМД, позволит на основе перечисленных условий, получить высокоэффективную систему управления строительством с высокими степенями наблюдаемости, управляемости, устойчивости.

4. Структура комплексной автоматизированной системы управления жизненным циклом автомобильных дорог

4.1. ИАСУ ДСР

Важной компонентой ИМД и звеном жизненного цикла является интегрированная автоматизированная система управления дорожным строительством, показанная на рисунке 2.

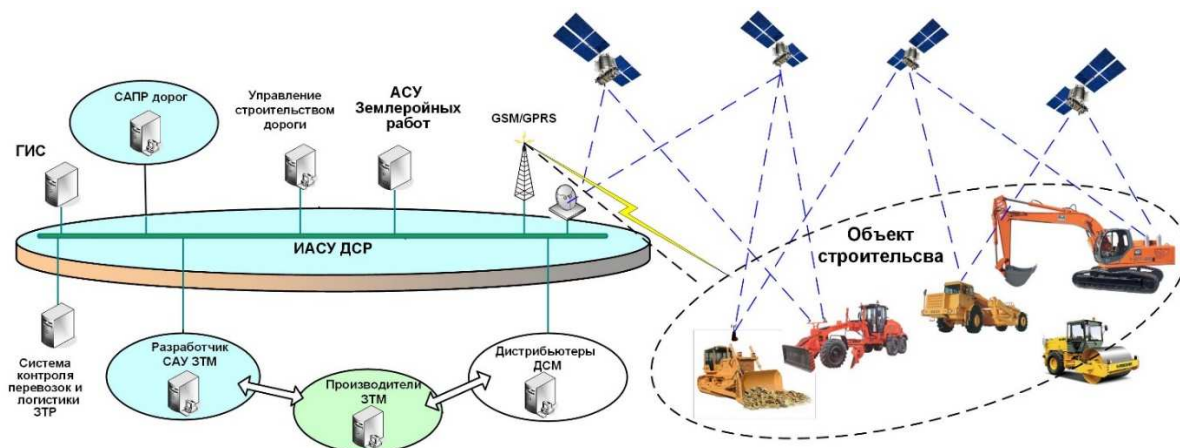


Рисунок 2 – Функциональная схема комплекса ИАСУ ДСР

Следует отметить свойство динамического синтеза проекта ИАСУ ДСР [2] на основе уже действующего комплекса обеспечения ИМД, характеризующегося и имеющего все признаки развивающегося проекта системы, в настоящее время [4]. Целью является повышение производительности и качества дорожно-строительных работ путем автоматизации технологических процессов, выполняемых строительными машинами в составе информационно управляющей системы жизненного цикла дорог.

Функциональная структура модели автоматизированной системы синтезируется исходя из параметров объекта строительства, которая и формирует основные технологические возможности проекта ИАСУ ДСР:

- работа в единой информационной среде проектировщиков, геодезистов, инженеров-технологов и операторов всего парка строительных машин, оснащенных бортовыми системами управления;
- автоматический контроль над выполнением плана работ и качеством выполненных технологических операций;
- наличие подсистемы экспертного анализа, контролирующей и предлагающей оптимальное решение строителям из складывающейся технологической ситуации на основе заложенных правил и ограничений (СНиП, ГОСТ, проект, план-график работ, располагаемых материальных и др. ресурсов),
- устраняет человеческий фактор в ограниченных условиях принятия решений.

4.2. Бортовые системы автоматического управления (САУ) дорожно-строительными машинами

Бортовые системы автоматического управления (САУ) дорожно-строительными машинами (ДСМ), а точнее технологическими процессами строительства, выполняемыми с применением этих машин, обеспечивают интеграцию в информационно – управляющее пространство ИАСУ ДСР [2]. Развитие направления автоматизации технологических процессов является проектом, непосредственно влияющим на качество и эффективность строительства.

4.2.1. Пример технологии САУ

Система, разработанная фирмой Trimble Inc. «ConnectedSite» включает три составляющие «Подключенный офис», «Подключенный контроллер» и «Подключенная машина» («Connected Office», «Connected Controller», «Connected Machine»). Здесь можно говорить о сетевом - связном, взаимодействии подсистем ИАСУ ДСР.

Ставшее стандартным во всех САУ Trimble Inc., технология «Подключенная машина» (Connected Machine) выполняет функции управления и мониторинга землеройно-транспортных машин (ЗТМ), показана на рисунке 3. Машины могут собирать, на локальном уровне, данные об исполнительной съемке для передачи в офис строительства и получать поправки по сети. Данные 3D-проекта, созданного в проектно бюро, можно передавать оператору машины в целях более быстрого и точного проведения земляных работ.

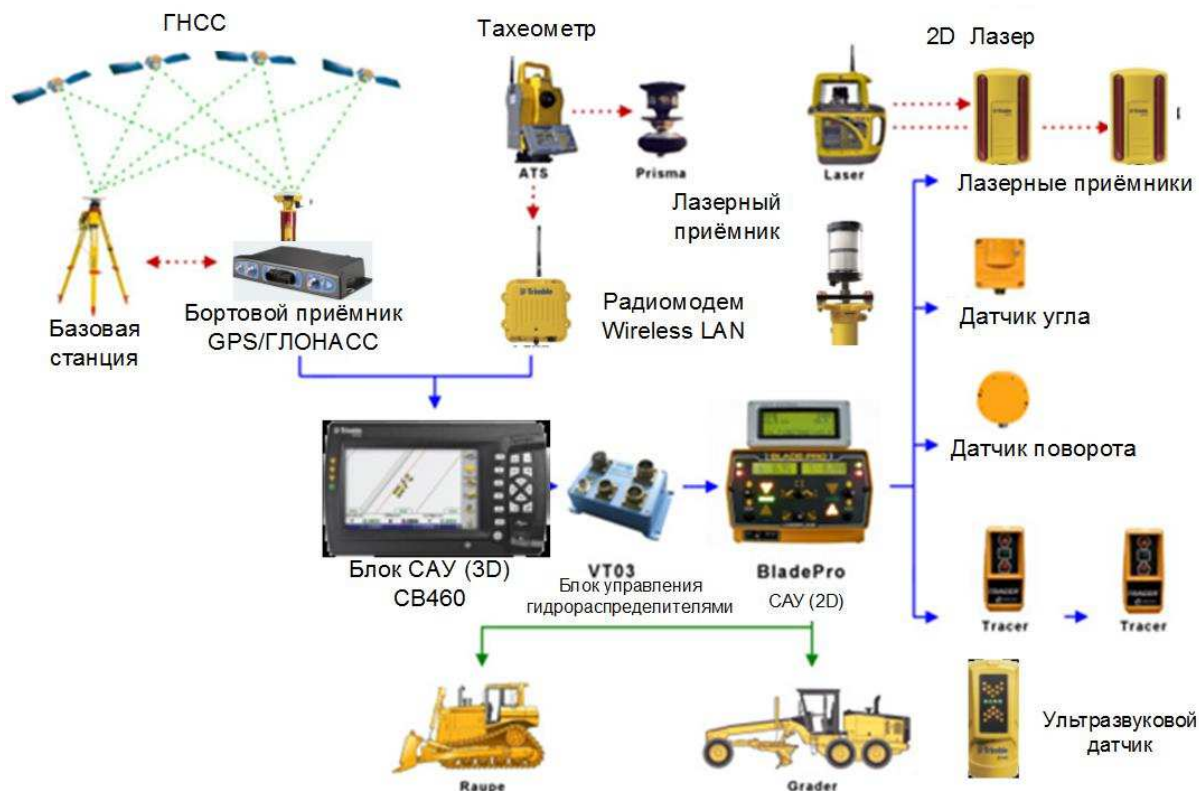


Рисунок 3 – Состав комплекса технических средств для САУ ЗТМ (Trimble)

Техническую поддержку по выполнению земляных работ можно осуществлять удаленно, не покидая штаб строительства. Кроме того, ЗТМ используется для измерений объема выработки, чтобы реже производить дорогостоящие измерения с помощью геодезистов. Время на переезды и переделки также сводится к минимуму, поскольку и офис строительства, и находящиеся на участке машины всегда могут предоставить данные с актуальной информацией в единой информационной среде проектирования и управления.

4.2.2. Эксплуатация САУ

В части эксплуатации САУ важное значение приобретают системы автоматизированного проектирования алгоритмов управления технологическими операциями машин, реализующие цикл «Оператор-Контроллер САУ-Машина» показанные на рисунке 4. Общие принципы взаимодействия управляющих подсистем можно представить в виде структуры, в которой промежуточным звеном коррекции является вычислительная система, оператор осуществляет только супервизорное управление. В указанном рабочем цикле производится поиск и оптимизация алгоритмов регулирования. В ИМД может применена методика анализа систем нижних уровней, формализация действий управления оператора по оптимальному управлению. Обеспечением в этом случае являются действующие проекты моделей управления дорожно-строительных машин ДСМ (ЗТМ) и их исполнительных механизмов.

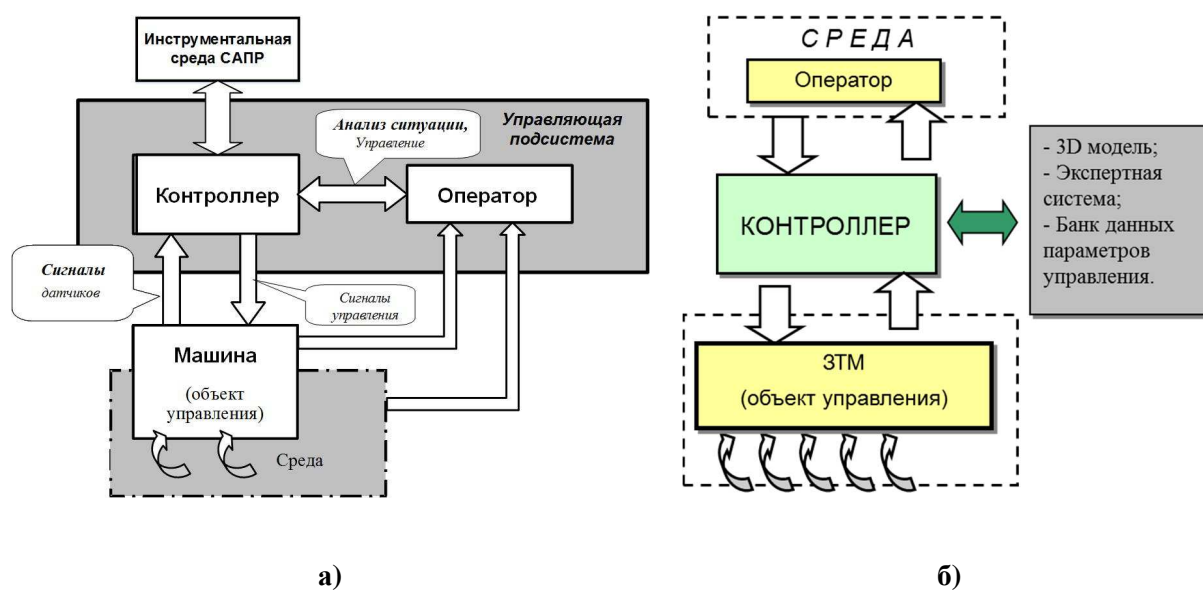


Рисунок 4 – а) САПР «Оператор» - «Контроллер» - «Машина», б) Структура САУ ЗТМ в системе ИМД

Моделирование технологических операций, обеспечивает достоверность данных в соответствии с методикой ИМД и нормативными требованиям к применённой САУ в проекте 3D. В результате реализуется возможность, накапливать информацию о процессах управления в виде баз знаний.

Задачи программирования и настроек параметров САУ становится важным этапом выполнения проектов системе 4D.

Возможность внесения изменений в конфигурацию информационной подсистемы САУ ДСМ обеспечит выполнение проекта контроля производимых технологических операций и проекта 4D.

5. Условия реализации предложенных решений

1. Организация кооперационного взаимодействия- альянса, междуподрядными организациями строительного комплекса, разработчиками систем автоматизированного управления, средств обеспечения САУ и производителями дорожно-строительных машин.

2. Разработка и поддержание пилотного проекта синтеза АСУ дорожного строительства, как части программы модернизации отрасли в парадигме ИМД.

3. Обеспечение полигонной отработки (мониторинга) подсистем и системы управления ДСР в целом, на всём протяжении её жизненного цикла.

4. Формирование современной нормативной базы национального стандарта для обеспечения применения средств навигации и автоматизации в дорожном строительстве.

6. Заключение

Повышение эффективности капитальных вложений, качественное изменение методов контроля строительства, обеспечение возможностей по гибкому управлению материально-финансовыми ресурсами в рамках выполняемых проектов на основе частно-государственного партнёрства:

- получение эффективной, масштабируемой информационной системы управления дорожно-строительными работами;
- повышение точности и сокращение сроков выполнения линейных строительных работ;
- сокращение расхода строительных материалов, снижение приведённых затрат;
- повышение производительности труда операторов машин более чем в 2 раза;
- автоматизированный контроль выполняемых работ по проекту в реальном времени;
- автоматическое документирование выполненных этапов проектов;
- персонификация выполненных работ на объекте;
- соблюдение норм труда операторов машин и оборудования;
- соблюдение экологических норм и ограничений при ведении строительных работ.

Список информационных источников

- [1] Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – №1(2). – С. 1–7.
- [2] Максимычев О.И. Комплексная автоматизация управления на линейных земляных работах // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2003. – № 1. – С. 27-35.
- [3] Максимычев О.И. Тенденции развития систем автоматического управления дорожно-строительных машин // «Информационные технологии в задачах управления и обучения» ч.II: сб. науч. тр. МАДИ(ГТУ). – 2003. – С. 65-69.
- [4] О применении инновационных технологий в строительстве, Протокол №2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию от 4 марта 2014 г.
- [5] Данчук К.А. Автоматизированные информационные системы на автотранспортном предприятии / К.А. Данчук, А.Б. Львова, С.А. Порфирьева, А.В. Остроух, П.С. Якунин // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». – 2012. – №2.6 (27). – С. 34-38.
- [6] Остроух А.В., Исмаилов А.Р., Львова А.Б. Проектирование программно-технологических решений подсистемы планирования заданий для заказных перевозок пассажиров при проведении XXII Зимних Олимпийских Игр // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.1 (8). – С. 98-111. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-11.
- [7] Остроух А.В. Интеллектуальные системы в науке и производстве / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. – Saarbrucken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 312 p. – ISBN 978-3-659-98006-0.
- [8] Остроух А.В. Автоматизация управления производством. Повышение эффективности автоматизированных аналитических систем предприятий автомобильной промышленности / А.В. Остроух, Э.А. Чернов, Д.Т. Нгуен. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 285 p. – ISBN 978-3-659-34762-7.
- [9] Остроух А.В. Интеллектуальные системы в науке и производстве / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. – Saarbrucken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 312 p. – ISBN 978-3-659-98006-0.
- [10] Остроух А.В. Автоматизация управления автотранспортными предприятиями. Новый подход на основе интеллектуальных мультиагентных систем / А.В. Остроух, А.В. Воробьева, Н.Е. Суркова. – Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 117 p. – ISBN 978-3-659-47576-4.
- [11] Максимычев О.И. Система повышения эффективности автоматического управления землеройно-транспортными машинами / О.И. Максимычев, А.В. Остроух // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2005. – №5. – С. 63-66.
- [12] Остроух А.В. Автоматизация управления строительным предприятием / А.В. Остроух // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2004. – №8. – С. 58-61.
- [13] Остроух А.В. Автоматизация распределения транспортных средств и техники по объектам строительства с учетом организационных и технических факторов / А.В. Остроух, Н.Е. Суркова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - М.: «Научтехлитиздат», 2004. – №12. – С. 6-9.
- [14] Жарков Н.Н. Методы построения корпоративной информационной системы управления ресурсами строительного предприятия / Н.Н. Жарков, Т.В. Дорохина

- А.В. Остроух, Н.Е. Суркова // Вестник Российского нового университета. Серия естественные науки, математика, информатика. – М.: РосНОУ, 2004. – Вып. 4. – С. 110-113.
- [15] Остроух А.В. О совершенствовании управления строительными проектами / А.В. Остроух, Д.В. Белов, А.С. Петров // Вестник Российского нового университета. Серия естественные науки, математика, информатика. – М.: РосНОУ, 2004. – Вып. 4. – С. 114-116.
- [16] Остроух А.В. Автоматизация формирования графиков производства строительных работ предприятием / А.В. Будихин, А.В. Остроух, О.Л. Снеткова, Д.С. Тарасенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2007. – №6. – С. 12-16.
- [17] Остроух А.В. Алгоритм генерирования комбинаций объектов при решении задачи моделирования строительного производства / А.В. Остроух, П.С. Рожин, М.Т. Савич // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2008. – №8. – С. 8-10.
- [18] Остроух А.В. Интеграция компонентов системы мониторинга / А.В. Остроух, Юань Тянь // Молодой ученый. – Чита: ООО «Издательство Молодой ученый», 2013. – №10. – С. 182-185.
- [19] Сальный А.Г., Кухаренко В.Н., Николаев А.Б., Остроух А.В. Общие принципы построения SCADA-систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 8-12.
- [20] Остроух А.В. Автоматизированная система мониторинга производственно-технологической и организационно-экономической деятельности промышленного предприятия / А.В. Остроух, Юань Тянь // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2014. – № 3. – С. 14-21.
- [21] Тянь Ю., Нгуен Д.Т., Чаудхари Р.Р., Остроух А.В. Автоматизированная система мониторинга производственно – технологической и организационно – экономической деятельности промышленного предприятия // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2 (9). – С. 16-31. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-16.
- [22] Остроух А.В., Синха Б.Р. Управление обслуживанием клиентов на основе CRM-технологий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.2 (9). – С. 32-43. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-17.
- [23] Ostroukh A.V., Tian Yu. Development of the information and analytical monitoring system of technological processes of the automobile industry enterprise // In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2014. Vol. 2. No 1. pp. 92-102.
- [24] A.V. NIKOLAEV, S.A. VASUHOVA, A.V. OSTROUKH. AUTOMATED SYSTEMS AND INDUSTRIAL ROBOTS REMOTE CONTROL // 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-10-0 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 1, 51-56 pp. DOI: 10.5593/SGEM2014/B21/S7.007.
- [25] Andrey Ostroukh, Andrey Ivakhnenko, Nikita Krupensky. Development of Process-Oriented System For Operational Control of Freight Forwarding Activity // Journal of Applied Sciences (JAS). 2014. Vol. 14. No 20. pp. 2601-2607. DOI: 10.3923/jas.2014.2601.2607.
- [26] Andrey Ostroukh, Andrey Ismailov, Anna Lvova, Andrey Nikolaev. Architecture of Automated Navigation System of Passenger Transportation at Winter Olympic Games // Trends in Applied Sciences Research (TASR). 2014. Vol. 9. No 8. 425-437. DOI: 10.3923/tasr.2014.425.437.