

Роботизация как метод повышения безопасности строительного производства

Е.С. Шагина¹

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69

Аналитический обзор

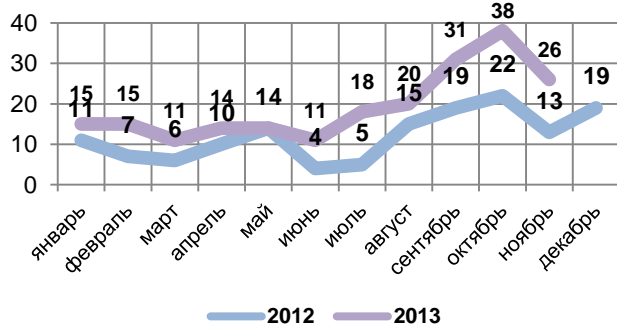
История

Подана в редакцию 14 мая 2014
Принята 22 мая 2014

Ключевые слова

строительство, автоматизация, роботизация, строительный робот, травматизм в строительстве, безопасность строительного производства,

АННОТАЦИЯ



Количество пострадавших при нарушении требований безопасности

Строительство является одной из ведущих сфер экономической деятельности. С каждым днем увеличивается разнообразие выполняемых строительных проектов, возрастает сложность самого строительства.

Строительные работы, как правило, отличаются повышенной сложностью и опасностью производства работ, а также монотонностью, что представляет особую трудность для рабочих. В то же время успешность любого строительного проекта определяется тремя показателями: стоимость, качество, сроки.

Для повышения значений этих показателей необходимо совершенствование технологии и организации строительного производства на

основе прогрессивных отечественных и зарубежных технологий. Одной из таких технологий является роботизация, которая позволяет ускорить процесс строительства, повысить качество и безопасность выполняемых работ, а также сократить долю ручного труда. В статье рассматривается повышение безопасности строительного производства путем внедрения роботов.

Содержание

Введение	129
Обзор литературы	129
Цель исследования	130
Анализ производственного травматизма в строительстве	130
Опыт применения строительных роботов	133
Обзор современных строительных роботов и их особенностей	134
Основные задачи роботизации технологических процессов	135
Заключение	136

¹

Контактный автор:
+7 (911) 022 9676, shagina@me.com (Шагина Екатерина Сергеевна, студент)

Введение

Актуальной проблемой в большинстве стран мира является производственный травматизм как следствие несчастных случаев и аварий. Охрана труда в строительстве – это взаимосвязь социально-экономических, законодательных, технических, гигиенических и организационных мероприятий [13, 44-46,57]. Основной её целью является ограждение здоровья строителей от несчастных случаев и профессиональных заболеваний, а так же обеспечение благоприятных условий труда для повышения производительности и качества выполняемых работ [13, 44-45, 46]. Сложность строительного производства, разнообразие технологических операций и особые условия их выполнения обуславливают низкий уровень комплексной механизации и автоматизации строительных процессов, что особенно резко проявляется в связи с необходимостью увеличения объема, повышения качества строительства и снижения его себестоимости.

Важную роль в строительной индустрии призвана сыграть роботизация отдельных видов операций. Анализ основных видов строительных работ показывает, что на современной стадии развития робототехники могут быть автоматизированы многие из них. Высвобождая рабочих, занятых физическим трудом и прежде всего на опасных, утомительных и неквалифицированных работах, промышленные роботы позволяют более рационально использовать трудовые ресурсы и дают не менее важный для нашего общества социальный эффект. Росту производительности труда также способствует повышение качества производства работ и снижение брака при выпуске строительных материалов и изделий вследствие устранения индивидуальных и субъективных факторов. Масштаб строительной отрасли, ее зависимость от ручного труда создают явный экономический потенциал для автоматизации и роботизации строительных процессов [1, 70, 74, 87].

Обзор литературы

С середины 80-х годов XX-го столетия задачи роботизации и автоматизации строительных работ становятся в центре внимания ученых и специалистов научно-исследовательских и строительных организаций. Среди них ведущую роль занимают ЦНИИОМТП, ВНИИстройдормаш, МИСИ, ЮРГТУ (НИИ), Слещелезобетонстрой, Мюнхенский технологический университет. Решение проблемы автоматизации и роботизации строительных операций базируется на трудах ученых Макарова И.М., Фролова К.В., Попова Е.П., Юревича Е.И., Кулешова А.И., Локоты Н.А., Ющенко А.С., Тимофеева А.В., Крутько П.Д., Медведева В.С., Подураева Ю.В., Зенкевич С.А., Лохина В.М., Бурдакова С.Ф., Корендясева А.И., Тугенгольда А.К., Жавнер В.Л., Каляева И.А., Петракова В.А. и др., внесших значительный вклад в становление и развитие современных теоретических основ робототехники. Существенный вклад в решение задач роботизации строительных операций внесли ученые Евдокимов В.А., Вильман О.А., Воробьев В.А., Паршин Д.Я., Загороднюк В.Т., Булгаков А.Г., Максимычев О.И., Френкель Г.Ю., Ткачев С.М., Гудиков Г.Г., Бок Т. и др. Однако, несмотря на широкий спектр научных и проектных разработок в области строительной робототехники уровень автоматизации и роботизации строительных операций остается достаточно низким. Это связано с необходимостью систематизации выполненных исследований и разработок, проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок [4-9, 29-49, 52,62-63].

В 2004 году исследованием на тему «Роботизированный комплекс для монтажа крупнопанельных зданий» занимался Ткачев С.М. В диссертационной работе решена научно-техническая задача повышения эффективности и безопасности выполнения монтажных операций в крупнопанельном домостроении путем совершенствования технологии на основе использования роботов и автоматизации производства монтажных работ [52].

В 2006 году в диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Анализ и синтез робототехнических и мехатронных комплексов для крупнопанельного и монолитного строительства», Паршиным Д.Я. в результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена научная проблема анализа и синтеза специализированных роботов, робототехнических и мехатронных комплексов для крупнопанельного и монолитного строительства. Решение этой проблемы имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку способствует разработке высокоэффективных средств комплексной механизации и автоматизации строительных операций, повышающих производительность и качество выполнения монтажных, отделочных и штукатурных работ, снижающих их трудоемкость, освобождающих людей от вредных и опасных условий работы [40].

Цель исследования

Цель: Исследование возможности повышения безопасности строительного производства путем внедрения роботов.

Задачи:

1. Изучение статистики производственного травматизма в строительстве
2. Выявление функциональных возможностей и особенностей современных строительных роботов
3. Формулирование основных задач роботизации технологических процессов в строительстве

Анализ производственного травматизма в строительстве

Строительство по условиям труда относится к потенциально опасным отраслям производства. Временный характер рабочих мест, необходимость выполнения значительных объемов работ на высоте, в сложных климатических условиях, в условиях действующего производства приводят к появлению большого числа опасных и вредных факторов, представляющих потенциальную угрозу для жизни и здоровья работающих и окружающих лиц, что вызывает необходимость повышенного внимания к вопросам охраны труда [2, 3, 15].

Согласно анализу аварий в процессе строительства зданий и сооружений, произошедших в последнее время, проведенному Департаментом мониторинга и взаимодействия с органами государственной власти Национального Объединения Строителей НОСТРОЙ [43] показал, что аварийность и травматизм в строительстве, как и число погибших при этом, растет с каждым годом (таблицы 1 и 2).

Таблица 1. Сравнительный анализ аварийности и травматизма в строительстве по годам наблюдения [43]

Период		Аварийность			Травматизм		
		всего	происш.	аварий	всего	погибло	травма
2010 год	всего	96	40	56	127	56	71
	ежемес.	19,2	8	11,2	25	11	14
2011 год	всего	187	103	84	264	135	129
	ежемес.	15,6	8,6	7	22	11	11
2012 год	всего	257	130	127	325	169	156
	ежемес.	30	14	16	45	22	23

Таблица 2. Статистика гибели и травматизма на строительных объектах в 2013 году
(по состоянию на 30 ноября 2013 года) [43]

№ п/п	Виды аварий	Всего пострадало											
		в 2013 году						За последний полный месяц наблюдения					
		Строители			3-и лица			Строители			3-и лица		
		погибло	травмир.	всего	погибло	травмир.	всего	погибло	травмир.	всего	погибло	травмир.	всего
1	Аварии с механизмами	32	25	57	0	0	0	6	5	11	0	0	0
2	Пожар	32	19	51	1	0	1	1	0	1	0	0	0
3	Обрушение конструкций	30	33	63	5	4	9	7	6	13	1	2	3
4	Обрушение строит. лесов	3	19	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Обрушение кровли	2	13	15	1	1	2	0	5	5	0	0	0
6	Обрушение ограждений	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Нарушение ТБ	135	69	204	3	2	5	14	12	26	0	0	0
8	Взрыв оборудования	6	19	25	0	0	0	1	0	1	0	0	0
9	Несчастный случай	1	0	1	3	5	8	0	0	0	0	0	0
10	Обвал грунта	39	14	53	2	1	3	4	1	5	1	0	1
11	Другие	8	3	11	1	4	5	1	1	2	0	0	0
ИТОГО:		288	214	502	16	17	33	34	30	64	2	2	4

Таблица 2. Продолжение

№п/п	Виды аварий	в 2012 году						2013 к 2012 в % отношении по среднемесячным показателям					
		Строители			3-и лица			Строители			3-и лица		
		погибло	травми р.	всего	погибло	травми р.	всего	погибло	травми р.	всего	погибло	травми р.	всего
1	Аварии с механизмами	48	48	96	2	2	4	80%	63%	71%	0%	0%	0%
2	Пожар	14	6	20	0	0	0	274%	380%	306%			
3	Обрушение конструкций	42	50	92	3	17	20	86%	79%	82%	200%	28%	54%
4	Обрушение строит. лесов	9	21	30	0	0	0	40%	109%	88%			
5	Обрушение кровли	0	0	0	0	0	0						
6	Обрушение ограждений	0	0	0	0	2	2					0%	0%
7	Нарушение ТБ	98	47	145	0	0	0	165%	176%	169%			
8	Взрыв оборудования	6	38	44	1	2	3	120%	60%	68%	0%	0%	0%
9	Несчастный случай	1	0	1	4	5	9	120%		120%	90%	120%	107%
10	Обвал грунта	17	4	21	1	0	1	275%	420%	303%	240%		360%
11	Другие	16	4	20	1	0	1	60%	90%	66%	120%		600%
ИТОГО:		251	218	469	12	28	40	138%	118%	128%	160%	73%	110%

При этом нельзя признать полностью объективной эту статистику, поскольку не все предприятия участвуют в статотчетности.

При строительстве зданий и сооружений, находясь на самой строительной площадке, рабочие сталкиваются со следующими опасными факторами: наличие движущихся механизмов и машин, повышенный уровень шума, повышенный вибрационный уровень, возможность получения ожога при работе с горячими мастиками или паяльной лампой, опасность поражения электрическим током, физические перегрузки, наличие газоопасных и легковоспламеняющихся веществ, неустойчиво уложенные штабели складированных изделий, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны в зависимости от времени года, опасность падения на скользких полах, подвижные части производственного оборудования, расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности пола [12, 15, 18-20, 26-28].

Анализируя данные реестра аварий, основными травмирующими факторами при производстве строительных работ следует считать: пожар, обвал грунта, обрушение строительных лесов, обрушения, падения предметов на человека, машины и механизмы.

К основным причинам производственного травматизма работников строительства относятся:

- отсутствие надзора за правильным и безопасным ведением работ;
- эксплуатация неисправного оборудования;
- грубое нарушение правил требований безопасности;
- нарушение технологических регламентов, отсутствие проектов организации строительства, проектов производства работ и другой документации или их некачественная разработка;
- работа в тяжелых климатических условиях;
- нарушение гигиенических норм (повышенным содержанием в воздухе рабочих зон вредных веществ; недостаточным или нерациональным освещением, повышенными уровнями шума, вибрацией, неблагоприятными метеорологическими условиями, наличием различных излучений выше допустимых значений);
- психофизиологический фактор (физические и нервно-психические перегрузки работающего) [48-50, 53-58].

Причина страшной тенденции травматизма кроется, прежде всего, в несоблюдении требований безопасности труда на строительном производстве. Пренебрежение нормами – субъективная причина, зависящая от многих факторов: физического и морального состояния работника, его ответственности, дисциплинированности, внимательности и пр. Одним из факторов снижения субъективизма может служить внедрение роботов и манипуляторов в технологию и организацию строительного производства [14,18].

Опыт применения строительных роботов

Ведущими странами по внедрению роботов в строительство являются Япония, США, Германия, что объясняется значительным увеличением объемов строительства и высоким уровнем социальных требований.

В связи с большой относительной стоимостью средств робототехники первоначальное применение средства роботизации стали находить на специфических дорогостоящих работах: подводное строительство, устройство тоннелей, спецсооружений [64-65, 71,77, 88, 90-91, 96].

Многие фирмы, например, «Фаун» (Германия), «Поклайн»(Франция) оснащают серийные экскаваторы манипуляторным оборудованием.

Для выполнения монтажных, погрузочно-разгрузочных и других работ с массой объекта манипулирования в пределах 100-600кг за рубежом создаются манипуляторы на базе погрузчиков, особенно малогабаритных [66, 68, 72, 78, 80].

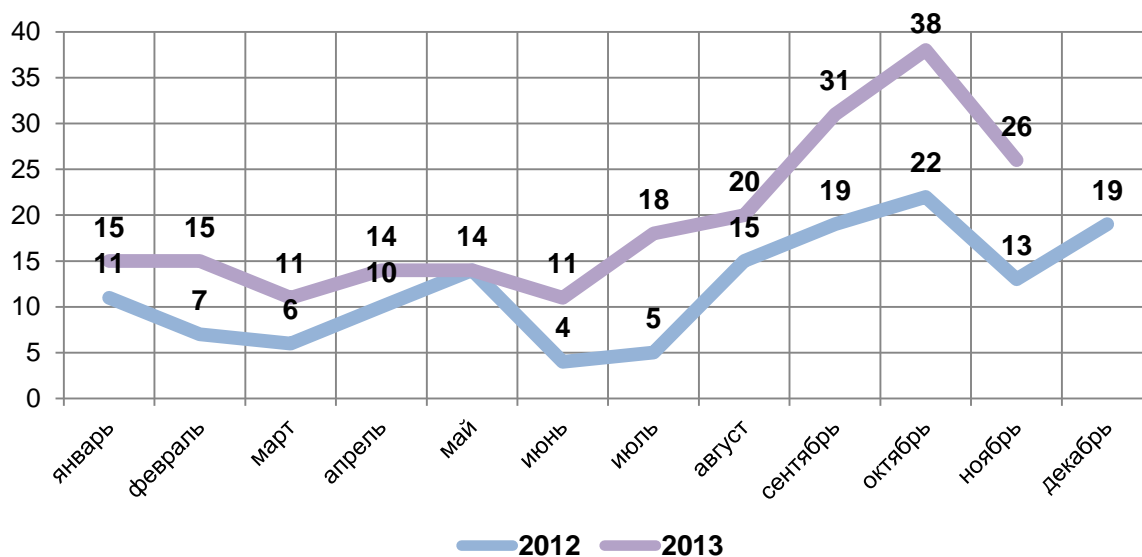


Рисунок 3. Количество пострадавших при нарушении требований безопасности

Из зарубежных фирм, специализирующихся на разработке и внедрении средств роботизации в строительстве, так же можно отметить следующие: «Тойн» (Финляндия), «Мук» (Швейцария), «Брок» (Швеция), «Лоудалл» (Англия) и др. Роботы фирм «Тойн» и «Мук» используются на земляных работах, «Лоудалл» - на погрузочно-разгрузочных работах, «Брок» - на реконструкции. Шведские фирмы «Атлас Копко» и «Брок» стали изготавливать робот для укладки бетона при ремонте дорог [11, 47, 82, 84, 87, 89].

Основной причиной непопулярности подобных технологий в России является то, что стоимость жилья у нас не зависит от себестоимости рабочей силы. Внедрение роботов не решит проблемы роста цен на жилье. Иными словами, в российском строительстве выгоднее использовать труд гастарбайтеров, которые получают гораздо меньшую оплату по сравнению с американскими рабочими [11]. Тем не менее, сегодня некоторые передовые производственные предприятия начинают задумываться о применении технологических роботов. Факторами, сдерживающими применение промышленных роботов в России являются:

- отсутствие у российских предприятий не только собственного опыта применения роботов, но даже общего представления о технических и экономических основах роботизированных технологий;
- отсутствие у российских предприятий квалифицированных кадров, способных обеспечить эксплуатацию роботов;
- отсутствие в России специалистов способных выполнить проектирование роботизированных ячеек и линий, внедрение роботов и технологическую подготовку роботизированного производства.

С решения этих ключевых проблем и следует начинать внедрение и освоение робототехники на строительном производстве.

Обзор современных строительных роботов и их особенностей

На рынке строительной техники в России, появился новый вид машин – строительные роботы. По прогнозам специалистов, уже в скором будущем дистанционно управляемая и автоматическая техника займет место обычной строительной техники [11, 24, 42, 73].

Малые габариты и весовые характеристики подобной техники делают удобной и ее транспортировку. Роботом при помощи пульта может управлять всего один квалифицированный оператор. Поэтому подобная технология уместна в ситуациях, потенциально опасных для здоровья рабочих. Анализируя все многообразие строительных манипуляторов и роботов, представленных сейчас на рынке, в зависимости от назначения, технологической и структурной особенности можно разделить на несколько групп.

Первую группу составляют манипуляторы, роботы для выполнения монтажных работ. Средства роботизации этой группы характеризуются широким диапазоном грузоподъемности, мобильности, повышенной точностью позиционирования. В состав этой группы включаются манипуляторы и роботы для монтажа элементов зданий, перегородок, монтажа оборудования и строительных лесов [59, 71, 76].

Вторую группу образуют строительные манипуляторы и роботы для бетонных работ. Эта группа подразделяется на три подгруппы: манипуляторы и роботы для укладки и уплотнения бетонной смеси, средства роботизации арматурных работ на объекте, манипуляционное оборудование для монтажа и демонтажа строительных опалубок [6, 25, 59, 91].

Большую группу строительных манипуляторов и роботов составляют средства роботизации отделочных работ. В состав этой группы включаются манипуляторы и роботы для выполнения малярных, штукатурных, облицовочных работ, нанесения изоляционных мастик на кровли, а также для устройства монолитных полов. Эта группа отличается небольшой грузоподъемностью механизмов, мобильностью конструкций, использования программного управления и необходимостью сенсорных устройств [41, 60, 75, 92-93].

Четвертая группа — это манипуляторы и роботы для производства земляных работ. В эту группу входят многофункциональное манипуляционное оборудование, предназначенное для устройства котлованов, засыпки и уплотнения грунта, прокладки коммуникаций. Оборудование этой группы снабжается дистанционным, программным или комбинированным управлением [9, 61, 66].

В пятую группу входят манипуляторы и роботы для погрузочно-разгрузочных работ. В составе этой группы манипуляторы и роботы различной грузоподъемности для погрузки и разгрузки строительных конструкций и элементов, контейнеров и пакетов, а также мелкоштучных грузов. Такие манипуляторы могут устанавливаться на транспортных средствах, самоходных шасси [16, 67, 83].

На настоящий момент на рынке роботов представлено достаточное количество моделей, выполняющих множество операций при строительстве, реконструкции зданий и сооружений. Эти промышленные образцы способны заменить ручной труд на опасных утомительных работах.

Основные задачи роботизации технологических процессов

Используя отечественный и зарубежный опыт внедрения манипуляторов и промышленных роботов в стройиндустрии, анализируя технологические особенности производства в этой отрасли, а также учитывая большой опыт роботизации в промышленности, можно сформулировать следующие основные задачи роботизации технологических процессов на строительных предприятиях [69, 74, 79, 81, 85-86, 94]:

- разработка методик анализа технологии производства строительных изделий и материалов, проведение на их основе обследования предприятий и составление типовых комплексных научно обоснованных планов роботизации отдельных видов технологических процессов;
- определение приоритетных технологических операций и внедрение на них выпускаемых промышленностью манипуляторов и роботов;
- разработка специальных и специализированных манипуляторов, роботов для стройиндустрии;
- проведение работ по унификации и типизации средств робототехники для предприятий стройиндустрии;
- разработка технологической оснастки для роботизации производственных операций;
- проведение работ по совершенствованию технологических процессов и отдельных его операций с учетом требований автоматизации и роботизации для эффективного их внедрения;
- создание и внедрение роботизированных комплексов, участков и линий, разработка типовых компоновочных схем для различных производственных процессов;
- подготовка производств к внедрению гибких технологий и создание на их основе гибких производственных систем (линий, участков и цехов);
- решение технических и организационных вопросов эксплуатации средств робототехники на предприятиях отрасли.

Заклучение

Как показал анализ данных реестра аварий, проводимого Департаментом мониторинга и взаимодействия с органами государственной власти Национального объединения строителей НОСТРОЙ, основной причиной травматизма в строительстве является субъективный фактор [43]. Несоблюдение безопасности труда в строительстве, постоянная подверженность рабочих на стройке опасности ведет к повышению несчастных случаев. В свою очередь изучение рынка строительных роботов зарубежных стран показал, что ручной труд можно роботизировать. Уникальное сочетание компактности и мощности роботов находит свое применение в наиболее тяжелых условиях и труднодоступных местах на стройплощадке, при этом, роботизация даёт значительное сокращение сроков строительства. Не секрет, что появление на свет подобной техники связано, прежде всего, с желанием строителей сократить сроки работ и повысить прибыль. Повышается и безопасность работ. Стоит отметить и такое преимущество роботов и манипуляторов, как бесшумность, экологичность. Поэтому подобная технология весьма уместна в ситуациях, потенциально опасных для здоровья рабочего персонала. Что касается экономической стороны вопроса, то на сегодняшний день в России гораздо выгоднее использовать ручной труд, поскольку стоимость рабочей силы невелика. А с другой стороны, на разработку такой технологии требуется выделение внушительных средств, и это при отсутствии гарантий, что результат может их не оправдать [12, 21,51].

В связи с этим необходимы исследования по разработке и внедрению более совершенных методов и средств предупреждения травматизма в строительстве, особенно при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности.

Литература

1. Автоматизации производственных процессов - важная составляющая промышленного производства // Автоматизация в промышленности. 2013. №5. С. 63-65.
2. Белякова О.В., Шкрабак Р.В. Безопасность использования подъемно-транспортных механизмов в строительстве и пути ее повышения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3. С. 126-131.
3. Большеротов А.Л. Система и средства управления комплексной безопасностью строительства // В сборнике: Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник трудов Международной научной конференции. 2011. С. 472-476.
4. Булгаков А.Г., Бертрам Т., Горчаков В.В., Касаткин А.В. Разработка мобильного робота для технологических процессов в строительстве // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2011. № 6. С. 20-25.
5. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Монография Москва, 2008.
6. Булгаков А.Г., Паршин Д.Я., Короткий Д.А. Принципы построения информационно-измерительной системы автоматизированной скользящей опалубки на базе промышленной сети PROFEBUS // Изв. вузов. Электромеханика. 2006. № 1. С. 41-44.
7. Булгаков А.Г., Рахим Ф.А. Адаптивное нейронечеткое оперативное управление манипуляционным роботом в неизвестной среде // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 12. С. 46.
8. Булгаков А.Г., Саад Загхлюл С. Ал-Кхаит Компенсация трения в сочленениях робота-манипулятора посредством системы регулирования на базе нейросети // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2008. № 6. С. 36-42.
9. Булгаков А.Г., Токмаков Г.Е. Мехатронная система для выполнения земляных работ на интеллектуальной строительной площадке // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 3. С. 088-100.
10. Васьяковский А. М. Строительные роботы: реальность и перспективы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. №2. С. 79а-83.
11. Вильман Ю.А., Степанов М.А. Дистанционно управляемые манипуляторы // Механизация строительства. № 1, 2006 г., С. 3-8
12. Образование в сфере техники безопасности в строительстве / Гамаюнова О.С., Ершов В.В., Ильин А.А., Соколов Б.В. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №5. С.31-35.
13. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования.
14. Данилов Б.Б., Смоляницкий Б.Н. Методы повышения безопасности некоторых технологических процессов подземного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 4. С. 32-38
15. Елин, А. Условия труда и производительность // Охрана труда и социальное страхование. 2008. № 5. С. 6-10.
16. Жигалов К.Ю., Сюняев Ш.И. Модели движения строительной техники в процессах автоматизации строительства объектов // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2013. № 3. С. 5.
17. Зарипова В.М., Цырульников Е.С., Киселев А.А. «Интеллект» для развития навыков инженерного творчества // Alma mater (Вестник высшей школы). 2012. № 1 (январь). С. 58-61.
18. Качество и безопасность строительства: современные принципы технического регулирования и внедрения инноваций // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2010. № 12. С. 14-19.
19. Киселева А.А. Безопасность высотного строительства // Жилищное строительство. 2006. № 1. С. 6.
20. Котельников В.С., Коновалов Н.Н., Шевченко В.П. Оптимизация регулирования и управления в сфере промышленной безопасности и безопасности в строительстве // Законы России: опыт, анализ, практика. 2009. № 9. С. 3-13.

21. Кочерга Н.А., Попова М.В. Инновационные технологии будущего // В сборнике: моделирование производственных процессов и развитие информационных систем 2012. С. 67-69.
22. Куликова Е.Ю. Концепция управления безопасностью в подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 105-109.
23. Максимищев О.И., Остроух А.В. Синтез автоматической системы управления экскаватора, как роботизированного комплекса // Автоматизация и современные технологии 2005. №2.
24. Минцаев М.Ш. Комплексная автоматизация процесса возведения монолитных промышленных сооружений (Доклад) // 30-я Московская международная выставка «Образование и карьера XXI век». - Москва: Гостиный Двор, 2009.
25. Минцаев, М.Ш. Технология монолитного домостроения с использованием несъемной опалубки и возможности ее автоматизации // Вестник МАДИ (ГТУ): вып. 2 (17). Москва: МАДИ. 2009. С. 38-40
26. Михина Т.В., Паньков В.В. Краткий обзор динамики и структуры травматизма в российском строительстве // ОТ и ТБ в строительстве. 2009. №4. С.15-19.
27. Онищенко В.Я. К вопросу о структуре и классификации рисков // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 9. С. 28-31.
28. Орлов Г.П. Порядок аттестации рабочих мест еще не в полном порядке // Охрана труда и техника безопасности в строительстве. 2010. №3.
29. Паршин Д.Я. Теоретические основы и практическое применение строительных роботов и мехатронных комплексов. Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Ростовская-на-Дону гос. акад. с-х машиностроения. Ростов-на-Дону, 2005. Сер. Строительная робототехника.
30. Паршин Д.Я. Динамическое управление движением строительно-монтажных роботов // Изв. вузов. Сев.-кав. регион. Техн. науки. 2006. Приложение №4. С. 10-14.
31. Паршин Д.Я. Математическое моделирование движения скользящей опалубки // Электротехника и автоматика в строительстве и на транспорте: Межвуз. сб. науч. ст. РГСУ. Ростов н/Д . 2005. Вып. XIV. С. 3-9
32. Паршин Д.Я. Ткачев С.М. Математические алгоритмы управления отделочными и бетоноукладочными роботами // Изв. РГСУ. 2006. №10. С. 299-305.
33. Паршин Д.Я., Барщенков А.А., Сморгунова М.В. Автоматическое управление бетоноукладчиком манипулятором // Новые технологии. 2012. № 3. С. 89-95.
34. Паршин Д.Я., Булгакова И.Г., Техрани Н. Планирование траектории движения штукатурного робота на основе задания скоростей в опорных точках // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2005. № 1. С. 11-15.
35. Паршин Д.Я., Огородний Д.Н., Шишова Р.Г. Интеграция систем управления строительных холдингов на основе нейросетевой координации // Новые технологии. 2012. № 3. С. 95-101.
36. Паршин Д.Я., Цветкова О.Л. Динамические модели отделочных роботов. Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-19: Сб. тр. XIX междунар. науч. конф. - Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. технол. акад. 2006. Т. 10. С. 219-222.
37. Паршин Д.Я., Цветкова О.Л. Динамическая модель штукатурного робота // Изв. РГСУ. 2006. №10. С. 305-308.
38. Паршин Д.Я., Цветкова О.Л. Управление движением строительных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № S12. С. 13-16.
39. Паршин Д.Я., Цветкова О.Л., Степанов Ю.В. Робот для разравнивания штукатурного раствора. Патент на полезную модель RUS 68413 29.05.2007
40. Паршин, Д.Я. Анализ и синтез робототехнических и мехатронных комплексов для крупнопанельного и монолитного строительства: дисс. ...д-ра техн. наук:16.02.07/Дмитрий Яковлевич Паршин; Новочеркасский Политехнический Институт, 2006.-328с.
41. Побегайлов О. А, Кравченко И. В., Кожуховский С. О. Мобильные роботы вертикального перемещения // Инженерный вестник Дона. Т. 14. №4. 2010. С.85-95.

42. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Семенов С.Е. Принципы построения программного обеспечения системы управления антропоморфным шагающим роботом // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 2. С. 10-15.
43. Реестр аварий, проводимый Департаментом мониторинга и взаимодействия с органами государственной власти Национального Объединения Строителей НОСТРОЙ <http://www.nostroy.ru/sitePage.do?name=accidents> (дата обращения 15.12.2013)
44. СНиП 12-03-2001 Госстрой России Безопасность труда в строительстве часть 1 общие требования
45. СНиП 12-04-2002 Госстрой России Безопасность труда в строительстве часть 2 строительное производство
46. СП 12-133-2000 Безопасность труда в строительстве. Положение о порядке аттестации рабочих мест по условиям труда в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве
47. Степанов М.А., Хартенштейн К. Краны манипуляторы для строительного-монтажных работ // Подъемно-транспортное дело. 2012. №4. С. 2-5.
48. Ступаков А.А. Организация, оборудование и безопасность высотных работ в строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений // Механизация строительства. 2013. № 12 (834). С. 45-48.
49. Сусов В.И. Обеспечение безопасности строительства объектов в стесненных условиях сложившейся городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 3. С. 41-42.
50. Теличенко В.И. Комплексная безопасность строительства // Вестник МГСУ. 2010. Т. 1. № 4. С. 10-17.
51. Тимофеев А.Г. Экономические преимущества применения роботов и тенденции развития мировой экономики // Известия Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2012. 5. С. 144-159.
52. Ткачев, С.М. Роботизированный комплекс для монтажа крупнопанельных зданий: дисс. ...к-т техн. наук:05.02.05/Сергей Михайлович Ткачев; Ростовская-на-Дону Государственная Академия Сельскохозяйственного Машиностроения ,2004.-146с.
53. Томаков М.В. Нормативно-правовая основа системы управления охраной труда и промышленной безопасностью организаций строительства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2-3. С. 248-252.
54. Федорец А. Г. Научно-методические основы управления производственными рисками на рабочих местах // Безопасность в техносфере. 2007. №6. С. 18-27.
55. Федорец А.Г. Вероятностно-статистические методы оценки профессиональных рисков // Безопасность в техносфере. 2007. №4. С. 4-12.
56. Федорец А.Г. Управление рисками: от оценки травмобезопасности к оценке травмоопасности // Безопасность в техносфере. 2009. №2. С. 25-30.
57. ФЗ РФ от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
58. Шубенко Л.В. Методика контроля и оценки рисков на предприятии // Справочник специалиста по охране труда. 2008. № 11. С. 28-38.
59. Baeksuk C., Kyoungmo J., Myo-Taeg L. et. al. (2013). Robot-based construction automation: An application to steel beam assembly (Part I). Automation in Construction. 2013. Vol.32. Pp 46–61.
60. Bechthold N., Kane A., Michalatos P. (2014). Robotic tile placement: Tools, techniques and feasibility. Automation in Construction. 2014. Vol. 39. Pp. 161–166.
61. Bernard L. Th., Richardson P. (2009). Construction engineering robot kit: warfighter experiment. Intelligent Robots and Computer Vision XXVI: Algorithms and Techniques 2009. Pp. 72520J-11.
62. Вокс Т., Boulgakov A., Parshin D. (2005). Motion Planning of Construction Robots by Optimizing Its Speed // Proc. of the 22-th Intern. Symp. on Autom. and Robot, in Construe. ISARC-2005 (Sept. 2005, Ferrara, Italy). - Ferrara, 2005. Pp. 486-495.
63. Вокс Т., Boulgakov A., Parshin D. (2003). Motion planning of mounting robots with intelligent control // Proc. of the 20-th Intern. Symp. on Autom. and Robot, in Construe. ISARC-2003 (Sept. 21-24, 2003, Eindhoven, Netherlands). -Eindhoven, 2003. Pp. 127-130.

64. Bolger A., Faulkner M., Stein D. et. al. (2010). Experiments in decentralized robot construction with tool delivery and assembly robots. IEEE/RSJ 2010 International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2010 - Conference Proceedings 23rd IEEE/RSJ 2010 International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2010. Taipei, 2010. Pp. 5085-5092.
65. Bosschera P., Williams R.L. Ila, Brysonb L.S. et. al. (2007). Cable-suspended robotic contour crafting system. Automation and Robotics in Construction. 2007. Vol. 17. Issue 1. Pp. 45–55.
66. Choi H., Hana C., Leeb K. et. al. (2005). Development of hybrid robot for construction works with pneumatic actuator. Automation in Construction. 2005. Vol. 14. Issue 4. Pp. 452–459.
67. Chotiprayanakul P., Liu D.K., Dissanayake G. (2012). Human–robot–environment interaction interface for robotic grit-blasting of complex steel bridges. Automation in Construction. 2012. Vol. 27. Pp. 11–23.
68. Chung J., Lee S.H., Yi B.-J. et. al. (2010). Implementation of a foldable 3-dof master device to a glass window panel fitting task. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 7. Pp. 855-866.
69. Ekvall S., Kragic D., Jensfelt P. (2007). Object detection and mapping for service robot tasks. Robotica. 2007. Vol. 25. Issue 2. Pp. 175-187.
70. Esfahani E.T., Sundararajan V. Using brain-computer interfaces to detect human satisfaction in human-robot interaction. International Journal of Humanoid Robotics. 2011. Vol. 8. Issue 1. Pp. 87-101.
71. Gila M., Kanga M., Leeb S. et. al. (2013). Installation of heavy duty glass using an intuitive manipulation device. Automation in Construction. Vol. 35. November 2013. Pp. 579–586.
72. Lam C.-P., Chou C.-T., Chiang K.-H. et. al. (2011). Human-centered robot navigation-towards a harmoniously human-robot coexisting environment. IEEE Transactions on Robotics. 2011. Vol. 27. Issue 1. Pp. 99-112.
73. Kahane B., Rosenfeld Y. (2004) Balancing human-and-robot integration in building tasks // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2004. Vol. 19. Issue 6. Pp. 393-410.
74. Khoshnevis B. (2004) Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies. Automation in Construction. № 13. 2004. Pp. 5 – 19.
75. King N., Bechthold M., Kane A. et. al. (2014) Robotic tile placement: Tools, techniques and feasibility // Automation in Construction. 2014. Vol. 39. Pp. 161–166.
76. Kyoungmo J., Baeksuk C., Daehie H. (2013) Robot-based construction automation: An application to steel beam assembly (Part II). Automation in Construction. 2013. Vol. 32. Pp. 62–79.
77. Lee D., Kim J., Ku N. et. al. (2010) Self-traveling robotic system for autonomous abrasive blast cleaning in double-hulled structures of ships. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 8. Pp. 1076-1086.
78. Lytle A.M., Saidi K.S., Bostelman R.V. et. al. (2004). Adapting a teleoperated device for autonomous control using three-dimensional positioning sensors: experiences with the nist robo crane. Automation in Construction. 2004. Vol. 13. Issue 1. Pp. 101-118.
79. Mioduser D., Levy S.T. (2010) Making sense by building sense: kindergarten children's construction and understanding of adaptive robot behaviors. International Journal of Computers for Mathematical Learning. 2010. Vol. 15. Issue 2. Pp. 99-127.
80. Molfino R.M, Razzoli R.P., Zoppi M. (2008) Autonomous drilling robot for landslide monitoring and consolidation. Automation in Construction. 2008. Vol. 17. Issue 2. Pp. 111–121.
81. Nehmzow U., Akanyeti O., Billings S.A. (2010). Towards modelling complex robot training tasks through system identification. Robotics and Autonomous Systems. 2010. Vol. 58. Issue 3. Pp. 265-275.
82. Paula G., Kwokb N., Liu D. (2013) A novel surface segmentation approach for robotic manipulator-based maintenance operation planning. Automation in Construction. 2013. Vol. 29. Pp. 136–147.
83. Sasaki T., Kawashima K. (2008) Remote control of backhoe at construction site with a pneumatic robot system. Automation in Construction. 2008. Vol. 17. Issue 8. Pp. 907–914.
84. Schober T. (2010) Clibot - a rope climbing robot for building surface inspection. Bautechnik. 2010. Vol. 87. Issue 2. Pp. 81-85.
85. Seo J.W., Haasb C., Saidic K.(2007). Graphical modeling and simulation for design and control of a tele-operated clinker clearing robot. Automation in Construction. 2007. Vol. 16. Issue 1. Pp. 96–106.
86. Teizer J., Allread B.S., Fullerton C.E. (2010). Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 5. Pp. 630-640.

87. Vähää P., Kilpeläinen P., Järviluoma M. et. al. (2013). Extending automation of building construction — Survey on potential sensor technologies and robotic applications. *Automation in Construction*. December 2013. Vol. 36. Pp. 168–178.
88. Voronkov D.I., Rutkevich A.V., Shishkin G.V. et. al. (2012). Building communication channels for mobile robot control: the implementation experience. *Automation and Remote Control*. 2012. Vol. 73. Issue 3. Pp. 596-603.
89. Wooa S., Hongb D., Leec W. et. al. (2008). A robotic system for road lane painting. *Automation in Construction*. 2008. Vol. 17. Issue 2. Pp. 122–129.
90. Wu C., Wang L., Liu X. et. al. (2011). Dimension optimization of an orientation fine-tuning manipulator for segment assembly robots in shield tunneling machines. *Automation in Construction*. Vol. 20. Issue 4. July 2011. Pp. 353–359.
91. Yu S., Jang J., Han C. (2007). Auto inspection system using a mobile robot for detecting concrete cracks in a tunnel. *Automation in Construction*. 2007. Vol. 16. Issue 3. Pp. 255–261.
92. Yu S., Ryu B., Lim S. et. al. (2009). Feasibility verification of brick-laying robot using manipulation trajectory and the laying pattern optimization. *Automation in Construction*. 2009. Vol. 18. Issue 5. Pp. 644–655.
93. Yu Y., Kwok N.M., Ha Q.P. (2011). Color tracking for multiple robot control using a system-on-programmable-chip. *Automation in Construction*. 2011. Vol. 20. Issue 6. Pp. 669–676.
94. Yun S.-K., Rus D. (2010). Adaptation to robot failures and shape change in decentralized construction // В сборнике: Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010. Сеп. "2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010" Anchorage, AK, 2010. Pp. 2451-2458.
95. Zavadskas E. (2010). Automation and robotics in construction: International research and achievements. *Automation in Construction*. 2010. Vol. 19. Issue 3. Pp. 286–290.
96. Zhu Z., German S., Brilakis I. (2010). Detection of large-scale concrete columns for automated bridge inspection. *Automation in Construction*. 2010. Vol. 19. Issue 8. Pp. 1047-1055.

Robotics as a method of improving the safety construction production

E.S. Shagina¹

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Analytical review

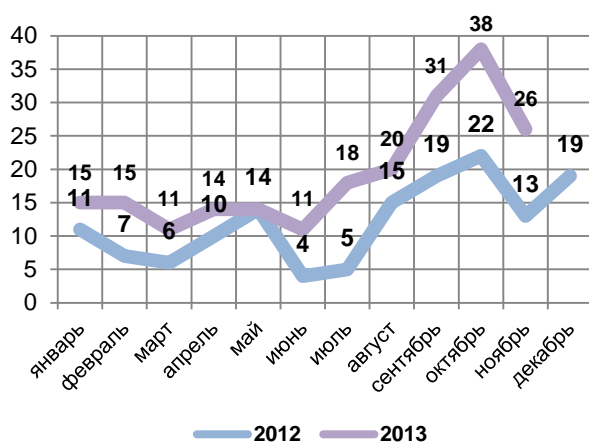
Article history

Received 14 May 2014
Accepted 22 May 2014

Keywords

building process,
automation,
robotization,
injuries in construction,
construction safety production,
construction robot.

ABSTRACT



Number of victims in violation of safety requirements

Construction is one of the leading sectors of economic activity. Every day the variety of performed construction projects is increasing, the complexity of the construction is also increasing. Construction work is usually characterized by high complexity and monotony that is particularly difficult for the workers. At the same time, the success of any construction project is determined by three factors: cost, quality and time. To improve these factors it is necessary to change the technology of construction, in accordance with international practice and technologies. To do this, there are robotic technologies that can speed up the construction process, improve the quality of work and reduce the proportion of manual labor. The article discusses the increasing safety construction via the introduction of robots.

1

Corresponding author:
+7 (911) 022 9676, shagina@me.com (Ekaterina Sergeevna Shagina, Student)

References

1. *Avtomatizatsii proizvodstvennykh protsessov - vazhneyshaya sostavlyayushchaya promyshlennogo proizvodstva* [Automation of production processes - the most important component of industrial production] .*Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. 2013. Issue 5. Pp. 63-65.(rus)
2. Belyakova O.V., Shkrabak R.V. (2012). *Bezopasnost ispolzovaniya pod'yemno-transportnykh mekhanizmov v stroitelstve i puti yeye povysheniya* [Safe use of lifting and transport mechanisms in the building and ways to improve]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2012. Issue 3. Pp. 126-131. (rus)
3. Bolsherotov A.L. (2011). *Sistema i sredstva upravleniya kompleksnoy bezopasnostyu stroitelstva* [System controls and comprehensive construction safety]. *V sbornike: Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitelnoy nauke i obrazovanii sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. 2011. Pp. 472-476. (rus)
4. Bulgakov A.G., Bertram T., Gorchakov V.V. et. al. (2011). *Razrabotka mobilnogo robota dlya tekhnologicheskikh protsessov v stroitelstve* [Development of a mobile robot for technological processes in construction].*Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskkiye nauki*. 2011. Issue 6. Pp. 20-25. (rus)
5. Bulgakov A.G., Vorobyev V.A. (2008). *Promyshlennyye roboty. Kinematika, dinamika, kontrol i upravleniye p/Industrial* [Robots. Kinematics, dynamics, control and management]. *Monografiya Moskva*, 2008. (rus)
6. Bulgakov A.G., Parshin D.Ya., Korotkiy D.A. *Printsipy postroyeniya informatsionno-izmeritelnoy sistemy avtomatizirovannoy skolzyashchey opalubki na baze promyshlennoy seti PROFEBUS* [Principles of construction of information-measuring system automated slipformers based industrial network PROFEBUS] // *Izv. vuzov. Elektromekhanika*. 2006. № 1. Pp. 41-44. (rus)
7. Bulgakov A.G., Rakhim F.A. (2007). *Adaptivnoye neyronechetkoye operativnoye upravleniye manipulyatsionnym robotom v neizvestnoy srede* [Adaptive neuro surgical manipulation robot control in an unknown environment]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye*. 2007. Issue 12. 46 p. (rus)
8. Bulgakov A.G., Saad Zagkhyul S. Al-Kkhaiti (2008). *Kompensatsiya treniya v sochleneniyakh robota-manipulyatora posredstvom sistemy regulirovaniya na baze neyroseti* [Compensation of friction in the joints of the robot arm through the regulatory system based on neural network]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika*. 2008. Issue 6. Pp. 36-42. (rus)
9. Bulgakov A.G., Tokmakov G.Ye. (2013) *Mekhatronnaya sistema dlya vypolneniya zemlyanykh rabot na intellektualnoy stroitelnoy ploshchadke* [Mechatronic system to perform excavation work on the intellectual construction site]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. 2013. № 3. Pp. 88-100. (rus)
10. Vaskovskiy A. M. (2012). *Stroitelnyye roboty: realnost i perspektivy* [Building robots: Reality and Prospects] *Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2012. Issue 2. Pp. 79a-83. (rus)
11. Vilman Yu.A., Stepanov M.A. (2006) *Distsionno upravlyayemyye manipulyatory* [Remotely controlled manipulators]. *Mekhanizatsiya stroitelstva*. 2006. Issue1. Pp. 3-8. (rus)
12. Education in construction safety area. (2012) / Gamayunova O.S., Ershov V.V., Iljin A.A., Li S.K., Sokolov B.V. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2012. №5. Pp. 31-35. (rus)
13. GOST 12.0.230-2007 *Sistema standartov bezopasnosti truda. Sistemy upravleniya okhrany truda. Obshchiye trebovaniya*. [Occupational safety standards system. OSH management system. general requirements]. (rus)
14. Danilov B.B., Smolyanitskiy B.N. (2012) *Metody povysheniya bezopasnosti nekotorykh tekhnologicheskikh protsessov podzemnogo stroitelstva* [Methods to improve the safety of some processes of underground construction]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo*. 2012. Issue 4. Pp. 32-38. (rus)
15. Yelin A. (2008). *Usloviya truda i proizvoditelnost* [Working conditions and productivity]. *Okhrana truda i sotsialnoye strakhovaniye*. 2008. Issue 5. Pp. 6-10. (rus)
16. Zhigalov K.Yu., Syunyayev Sh.I. (2013) *Modeli dvizheniya stroitelnoy tekhniki v protsessakh avtomatizatsii stroitelstva obyektov* [Motion model of construction machinery in the process of building automation objects]. *Aktualnyye innovatsionnyye issledovaniya: nauka i praktika*. 2013. Issue 3. Pp. 5. (rus)
17. Zaripova V.M., Tsyulnikov Ye.S., Kiselev A.A. (2012) *«Intellekt» dlya razvitiya navykov inzhenernogo tvorchestva* ["Intelligence" to develop the skills of engineering creativity]. *Alma mater (Vestnik vysshey shkoly)*.2012. Issue 1. Pp. 58-61. (rus)

18. *Kachestvo i bezopasnost stroitelstva: sovremennyye printsipy tekhnicheskogo regulirovaniya i vnedreniya innovatsiy* [Quality and safety of construction: modern principles of technical regulation and innovation]. *BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki*. 2010. Issue 12. Pp. 14-19.
19. Kiseleva A.A. (2006) *Bezopasnost vysotnogo stroitelstva* [Safety high building construction]. *Zhilishchnoye stroitelstvo*. 2006. Issue 1. 6 p. (rus)
20. Kotelnikov V.S., Konovalov N.N., Shevchenko V.P. (2009) *Optimizatsiya regulirovaniya i upravleniya v sfere promyshlennoy bezopasnosti i bezopasnosti v stroitelstve* [Optimization of control in the field of industrial safety and safety in construction]. *Zakony Rossii: opyt, analiz, praktika*. 2009. Issue 9. Pp. 3-13. (rus)
21. Kocherga N.A., Popova M.V. (2012). *Innovatsionnyye tekhnologii budushchego* [Innovative technologies of the future]. *V sbornike: modelirovaniye proizvodstvennykh protsessov i razvitiye informatsionnykh sistem* 2012. Pp. 67-69. (rus)
22. Kulikova Ye.Yu. (2013) *Kontseptsiya upravleniya bezopasnostyu v podzemnom stroitelstve* [The concept of safety management in underground construction]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*. 2013. Issue 11. Pp. 105-109. (rus)
23. Maksimychiev O.I., Ostroukh A.V. (2005) *Sintez avtomaticheskoy sistemy upravleniya ekskavatora, kak robotizirovannogo kompleksa* [Synthesis of automatic control system of the excavator as complex robotic]. *Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii* 2005. Issue 2. (rus)
24. Mintsayev M.Sh. *Kompleksnaya avtomatizatsiya protsessa vozvedeniya monolitnykh promyshlennykh sooruzheniy* [Integrated automation of the construction of monolithic industrial buildings] (Doklad). *30-ya Moskovskaya mezhdunarodnaya vystavka «Obrazovaniye i karyera XXI vek»*. - Moskva: Gostinyy Dvor, 2009. (rus)
25. Mintsayev, M.Sh. *Tekhnologiya monolitnogo domostroyeniya s ispolzovaniyem nesyemnoy opalubki i vozmozhnosti yeye avtomatizatsii* [Monolithic construction technology using permanent formwork and the possibility of automation]. *Vestnik MADI (GTU)*: Vol. 17. Issue 2. Moskva: MADI. 2009. Pp. 38-40. (rus)
26. Mikhina T.V., Pankov V.V. (2009) *Kratkiy obzor dinamiki i struktury travmatizma v rossiyskom stroitelstve* [A brief overview of the dynamics and structure of injuries in the Russian construction]. *OT i TB v stroitelstve*. 2009. Issue 4. Pp.15-19. (rus)
27. Onishchenko V.Ya. *K voprosu o strukture i klassifikatsii riskov* [The question of the structure and risk classification]. *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*. 2004. Issue 9. Pp. 28-31. (rus)
28. Orlov G.P. *Poryadok attestatsii rabochikh mest yeshche ne v polnom poryadke* [Procedure for certification of workplaces still not in good order]. *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti v stroitelstve*. 2010. Issue 3. (rus)
29. Parshin D.Ya. *Teoreticheskiye osnovy i prakticheskoye primeneniye stroitelnykh robotov i mekhatronnykh kompleksov* [Theoretical basis and practical application of building robots and mechatronic systems]. *Federalnoye agentstvo po obrazovaniyu, Gos. obrazovatelnoye uchrezhdeniye vyssh. prof. obrazovaniya Rostovskaya-na-Donu gos. akad. s.-kh mashinostroyeniya. Rostov-na-Donu, 2005. Ser. Stroitelnaya robototekhnika*. (rus)
30. Parshin D.Ya. *Dinamicheskoye upravleniye dvizheniyem stroitelno-montazhnykh robotov* [Dynamic traffic management construction and installation of robots]. *Izv. vuzov. Sev.-kav. region. Tekhn. nauki*. 2006. Prilozheniye Issue 4. Pp. 10-14. (rus)
31. Parshin D.Ya. (2005) *Matematicheskoye modelirovaniye dvizheniya skolzyashchey opalubki* [Mathematical modeling of motion slipformers]. *Elektrotekhnika i avtomatika v stroitelstve i na transporte: Mezhvuz. sb. nauch. st. RGSU. Rostov n/D*. 2005. Vyp. XIV. Pp. 3-9. (rus)
32. Parshin D.Ya. Tkachev S.M. (2006). *Matematicheskiye algoritmy upravleniya otdelochnymi i betonoukladochnymi robotami* [Mathematical algorithms to control surfacing and concreting robots]. *Izv. RGSU*. 2006. Issue 10. Pp. 299-305. (rus)
33. Parshin D.Ya., Barshchenkov A.A., Smorgunova M.V. (2012) *Avtomaticheskoye upravleniye betonoukladchikom manipulyatorom* [Automatic control of the manipulator paver]. *Novyye tekhnologii*. 2012. Issue 3. Pp. 89-95. (rus)
34. Parshin D.Ya., Bulgakova I.G., Tekhrani N. (2005) *Planirovaniye trayektorii dvizheniya shtukaturnogo robota na osnove zadaniya skorostey v opornykh tochkakh* [Planning the path of movement of the robot on the basis of plaster preset speed at reference points]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskiye nauki*. 2005. Issue 1. Pp. 11-15. (rus)

35. Parshin D.Ya., Ogorodniy D.N., Shishova R.G. (2012) *Integratsiya sistem upravleniya stroitelnykh kholdingov na osnove neyrosetevoy koordinatsii* [Integration of building management systems based on neural network holdings coordination]. *Novyye tekhnologii*. 2012. Issue 3. Pp. 95-101. (rus)
36. Parshin D.Ya., Tsvetkova O.Jl. (2006). *Dinamicheskiye modeli otdelochnykh robotov. Matematicheskiye metody v tekhnike i tekhnologiyakh* [Dynamic models of finishing robots. Mathematical Methods in Engineering and Technology] - MMTT-19: Sb. tr. XIX mezhdunar. nauch. konf. - Voronezh: Izd-vo Voronezh, gos. tekhnol. akad. 2006. Vol. 10. Pp. 219-222. (rus)
37. Parshin D.Ya., Tsvetkova O.L. (2006). Dinamicheskaya model shtukaturnogo robota [A dynamic model of the robot plaster]. *Izv. RGSU*. 2006. Issue 10. Pp. 305-308.
38. Parshin D.Ya., Tsvetkova O.L. (2007). *Upravleniye dvizheniyem stroitelnykh robotov* [Motion control building robots]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye*. 2007. Issue 12. Pp. 13-16. (rus)
39. Parshin D.Ya., Tsvetkova O.L., Stepanov Yu.V. *Robot dlya razravnivaniya shtukaturnogo rastvora* [Robot for leveling plaster]. *Patent na poleznuyu model RUS 68413 29.05.2007*. (rus)
40. Parshin, D.Ya. (2006) *Analiz i sintez robototekhnicheskikh i mekhatronnykh kompleksov dlya krupnopanelnogo i monolitnogo stroitelstva* [Analysis and synthesis of robotic and mechatronic systems for large and monolithic construction]: diss. d-ra tekhn. nauk:16.02.07/Dmitriy Yakovlevich Parshin; Novocherkasskiy Politekhnikheskiy Institut, 2006. 328 p. (rus)
41. Pobegaylov O. A., Kravchenko I. V., Kozhukhovskiy S. O. (2010) Mobilnyye roboty vertikalnogo peremeshcheniya [Mobile robots vertical movement]. *Inzhenernyy vestnik dona*. Vol. 14. Issue 4. 2010. Pp.85-95. (rus)
42. Kovalchuk A.K., Kulakov D.B., Semenov S.Ye. (2007). *Printsipy postroyeniya programmnoy obespecheniya sistemy upravleniya antropomorfnyim shagayushchim robotom* [Principles of construction management system software anthropomorphic walking robo]. *Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii*. 2007. Issue 2. Pp. 10-15. (rus)
43. *Reyestr avari, provodimyy Departamentom monitoringa i vzaimodeystviya s organami gosudarstvennoy vlasti Natsionalnogo Obyedineniya Stroiteley NOSTROY* <http://www.nostroy.ru/sitePage.do?name=accidents> (date of reference 15.12.2013). (rus)
44. *SNiP 12-03-2001 Gosstroy Rossii Bezopastnost truda v stroitelstve. Chast 1 obshchiye trebovaniya* [Safety in Construction Part 1 General Requirements]. (rus)
45. *SNiP 12-04-2002 Gosstroy Rossii Bezopastnost truda v stroitelstve. Chast 2 stroitelnoye proizvodstvo* [Safety in Construction. Part 2 of building production]. (rus)
46. *SP 12-133-2000 Bezopasnost truda v stroitelstve. Polozheniye o poryadke attestatsii rabochikh mest po usloviyam truda v stroitelstve i zhilishchno-kommunalnom khozyaystve* [Safety in construction. Regulation on the procedure of certification of workplaces on working conditions in the construction and housing and communal services]. (rus)
47. Stepanov M.A., Khartenshteyn K. (2012) *Krany manipulyatory dlya stroitelno-montazhnykh rabot* [Cranes manipulators for construction works]. *Podyemno-transportnoye delo*. 2012. Issue 4. Pp. 2-5. (rus)
48. Stupakov A.A. (2013). *Organizatsiya, oborudovaniye i bezopasnost vysoznykh rabot v stroitelstve i ekspluatatsii vysoznykh zdaniy i sooruzheniy* [Organization, equipment and safety work at height in the construction and operation of tall buildings and structures]. *Mekhanizatsiya stroitelstva*. 2013. Issue 12 (834). Pp. 45-48. (rus)
49. Susov V.I. (2004) *Obespecheniye bezopasnosti stroitelstva obyektov v stesnennykh usloviyakh slozhivshesya gorodskoy zastroyki* [Ensuring the safety of construction projects in cramped conditions prevailing urban]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2004. Issue 3. Pp. 41-42. (rus)
50. Telichenko V.I. (2010) *Kompleksnaya bezopasnost stroitelstva* [Integrated construction safety]. *Vestnik MGSU*. 2010. Vol. 1. Issue 4. Pp. 10-17. (rus)
51. Timofeyev A.G. (2012) *Ekonomicheskiye preimushchestva primeneniya robotov i tendentsii razvitiya mirovoy ekonomiki* [Economic advantages of using robots and trends in the world economy]. *Izvestiya Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova*. 2012. Issue 5. Pp.144-159. (rus)
52. Tkachev S.M. (2004) *Robotizirovanny kompleks dlya montazha krupnopanelnykh zdaniy* [Robotic system for mounting large-panel buildings]: *diss k-t tekhn. nauk:05.02.05/Sergey Mikhaylovich Tkachev; Rostovskaya-na-Donu Gosudarstvennaya Akademiya Selskokhozyaystvennogo Mashinostroyeniya*, 2004.146 p. (rus)
53. Tomakov M.V. (2012) *Normativno-pravovaya osnova sistemy upravleniya okhrany truda i promyshlennoy bezopasnostyu organizatsiy stroitelstva* [The legal framework of control system of industrial safety and

- construction organizations]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. 2012. Issue 2-3. Pp. 248-252. (rus)
54. Fedorets A. G. (2007). *Nauchno-metodicheskiye osnovy upravleniya proizvodstvennymi riskami na rabochnikh mestakh* [Scientific and methodological bases of management of production risks in the workplace]. *Bezopasnost v tekhnosfere*. 2007. Issue 6. Pp. 18-27. (rus)
55. Fedorets A.G. (2007) *Veroyatnostno-statisticheskiye metody otsenki professionalnykh riskov* [Probabilistic and statistical methods for assessing occupational risks]. *Bezopasnost v tekhnosfere*. 2007. Issue 4. Pp. 4-12. (rus)
56. Fedorets A.G. *Upravleniye riskami: ot otsenki travmobeзопасnosti k otsenke travmooпасnosti* [Risk management: the evaluation of the risk of injury to the assessment of traumatic]. *Bezopasnost v tekhnosfere*. 2009. Issue 2. Pp. 25-30. (rus)
57. *FZ RF ot 21.07.1997 g. №116-FZ «O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh obyektov»*.(rus)
58. Shubenko L.V. Metodika kontrolya i otsenki riskov na predpriyatii [The checks and risk assessment in the enterprise] // *Spravochnik spetsialista po okhrane truda*. 2008. № 11. Pp. 28-38. (rus).
59. Baeksuk C., Kyoungmo J., Myo-Taeg L. et. al. (2013). Robot-based construction automation: An application to steel beam assembly (Part I). *Automation in Construction*. 2013. Vol.32. Pp 46–61.
60. Bechthold N., Kane A., Michalatos P. (2014). Robotic tile placement: Tools, techniques and feasibility. *Automation in Construction*. 2014. Vol. 39. Pp. 161–166.
61. Bernard L. Th., Richardson P. (2009). Construction engineering robot kit: warfighter experiment. *Intelligent Robots and Computer Vision XXVI: Algorithms and Techniques 2009*. Pp. 72520J-11.
62. Bock T., Boulgakov A., Parshin D. (2005). Motion Planning of Construction Robots by Optimizing Its Speed // *Proc. of the 22-th Intern. Symp. on Autom. and Robot, in Construe. ISARC-2005* (Sept. 2005, Ferrara, Italy). - Ferrara, 2005. Pp. 486-495.
63. Bock T., Boulgakov A., Parshin D. (2003). Motion planning of mounting robots with intelligent control // *Proc. of the 20-th Intern. Symp. on Autom. and Robot, in Construe. ISARC-2003* (Sept. 21-24, 2003, Eindhoven, Netherlands). -Eindhoven, 2003. Pp. 127-130.
64. Bolger A., Faulkner M., Stein D. et. al. (2010). Experiments in decentralized robot construction with tool delivery and assembly robots. *IEEE/RSJ 2010 International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2010 - Conference Proceedings 23rd IEEE/RSJ 2010 International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2010*. Taipei, 2010. Pp. 5085-5092.
65. Bosschera P., Williams R.L. Ila, Brysonb L.S. et. al. (2007). Cable-suspended robotic contour crafting system. *Automation and Robotics in Construction*. 2007. Vol. 17. Issue 1. Pp. 45–55.
66. Choi H., Hana C., Leeb K. et. al. (2005). Development of hybrid robot for construction works with pneumatic actuator. *Automation in Construction*. 2005. Vol. 14. Issue 4. Pp. 452–459.
67. Chotiprayanakul P., Liu D.K., Dissanayake G. (2012). Human–robot–environment interaction interface for robotic grit-blasting of complex steel bridges. *Automation in Construction*. 2012. Vol. 27. Pp. 11–23.
68. Chung J., Lee S.H., Yi B.-J. et. al. (2010). Implementation of a foldable 3-dof master device to a glass window panel fitting task. *Automation in Construction*. 2010. Vol. 19. Issue 7. Pp. 855-866.
69. Ekvall S., Kragic D., Jensfelt P. (2007). Object detection and mapping for service robot tasks. *Robotica*. 2007. Vol. 25. Issue 2. Pp. 175-187.
70. Esfahani E.T., Sundararajan V. Using brain-computer interfaces to detect human satisfaction in human-robot interaction. *International Journal of Humanoid Robotics*. 2011. Vol. 8. Issue 1. Pp. 87-101.
71. Gila M., Kanga M., Leeb S. et. al. (2013). Installation of heavy duty glass using an intuitive manipulation device. *Automation in Construction*. Vol. 35. November 2013. Pp. 579–586.
72. Lam C.-P., Chou C.-T., Chiang K.-H. et. al. (2011). Human-centered robot navigation-towards a harmoniously human-robot coexisting environment. *IEEE Transactions on Robotics*. 2011. Vol. 27. Issue 1. Pp. 99-112.
73. Kahane B., Rosenfeld Y. (2004) Balancing human-and-robot integration in building tasks // *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2004. Vol. 19. Issue 6. Pp. 393-410.
74. Khoshnevis B. (2004) Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies. *Automation in Construction*. № 13. 2004. Pp. 5 – 19.

75. King N., Bechthold M., Kane A. et. al. (2014) Robotic tile placement: Tools, techniques and feasibility // Automation in Construction. 2014. Vol. 39. Pp. 161–166.
76. Kyoungmo J., Baeksuk C., Daehie H. (2013) Robot-based construction automation: An application to steel beam assembly (Part II). Automation in Construction. 2013. Vol. 32. Pp. 62–79.
77. Lee D., Kim J., Ku N. et. al. (2010) Self-traveling robotic system for autonomous abrasive blast cleaning in double-hulled structures of ships. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 8. Pp. 1076-1086.
78. Lytle A.M., Saidi K.S., Bostelman R.V. et. al. (2004). Adapting a teleoperated device for autonomous control using three-dimensional positioning sensors: experiences with the nist robocrane. Automation in Construction. 2004. Vol. 13. Issue 1. Pp. 101-118.
79. Mioduser D., Levy S.T. (2010) Making sense by building sense: kindergarten children's construction and understanding of adaptive robot behaviors. International Journal of Computers for Mathematical Learning. 2010. Vol. 15. Issue 2. Pp. 99-127.
80. Molfino R.M., Razzoli R.P., Zoppi M. (2008) Autonomous drilling robot for landslide monitoring and consolidation. Automation in Construction. 2008. Vol. 17. Issue 2. Pp. 111–121.
81. Nehmzow U., Akanyeti O., Billings S.A. (2010). Towards modelling complex robot training tasks through system identification. Robotics and Autonomous Systems. 2010. Vol. 58. Issue 3. Pp. 265-275.
82. Paula G., Kwokb N., Liu D. (2013) A novel surface segmentation approach for robotic manipulator-based maintenance operation planning. Automation in Construction. 2013. Vol. 29. Pp. 136–147.
83. Sasaki T., Kawashima K. (2008) Remote control of backhoe at construction site with a pneumatic robot system. Automation in Construction. 2008. Vol. 17. Issue 8. Pp. 907–914.
84. Schober T. (2010) Clibot - a rope climbing robot for building surface inspection. Bautechnik. 2010. Vol. 87. Issue 2. Pp. 81-85.
85. Seo J.W., Haasb C., Saidic K. (2007). Graphical modeling and simulation for design and control of a tele-operated clinker clearing robot. Automation in Construction. 2007. Vol. 16. Issue 1. Pp. 96–106.
86. Teizer J., Allread B.S., Fullerton C.E. (2010). Autonomous pro-active real-time construction worker and equipment operator proximity safety alert system. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 5. Pp. 630-640.
87. Vähä P., Kilpeläinen P., Järviluoma M. et. al. (2013). Extending automation of building construction — Survey on potential sensor technologies and robotic applications. Automation in Construction. December 2013. Vol. 36. Pp. 168–178.
88. Voronkov D.I., Rutkevich A.V., Shishkin G.V. et. al. (2012). Building communication channels for mobile robot control: the implementation experience. Automation and Remote Control. 2012. Vol. 73. Issue 3. Pp. 596-603.
89. Woa S., Hongb D., Leec W. et. al. (2008). A robotic system for road lane painting. Automation in Construction. 2008. Vol. 17. Issue 2. Pp. 122–129.
90. Wu C., Wang L., Liu X. et. al. (2011). Dimension optimization of an orientation fine-tuning manipulator for segment assembly robots in shield tunneling machines. Automation in Construction. Vol. 20. Issue 4. July 2011. Pp. 353–359.
91. Yu S., Jang J., Han C. (2007). Auto inspection system using a mobile robot for detecting concrete cracks in a tunnel. Automation in Construction. 2007. Vol. 16. Issue 3. Pp. 255–261.
92. Yu S., Ryu B., Lim S. et. al. (2009). Feasibility verification of brick-laying robot using manipulation trajectory and the laying pattern optimization. Automation in Construction. 2009. Vol. 18. Issue 5. Pp. 644–655.
93. Yu Y., Kwok N.M., Ha Q.P. (2011). Color tracking for multiple robot control using a system-on-programmable-chip. Automation in Construction. 2011. Vol. 20. Issue 6. Pp. 669–676.
94. Yun S.-K., Rus D. (2010). Adaptation to robot failures and shape change in decentralized construction // В сборнике: Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010. Сеп. "2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010" Anchorage, AK, 2010. Pp. 2451-2458.
95. Zavadskas E. (2010). Automation and robotics in construction: International research and achievements. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 3. Pp. 286–290.
96. Zhu Z., German S., Brilakis I. (2010). Detection of large-scale concrete columns for automated bridge inspection. Automation in Construction. 2010. Vol. 19. Issue 8. Pp. 1047-1055.