

# Обследование труднодоступных участков зданий и сооружений с помощью роботов

А.А. Гладких <sup>1\*</sup> Е.А. Супрун <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 69.002.5

## Аннотация

*Высокая точность и скорость обработки результатов при обследованиях зданий и сооружений необходима в наши дни. Для решения данной проблемы постепенно в строительный процесс вводят роботов. Проведен анализ преимуществ и недостатков различных моделей, используемых для обследования инженерных коммуникаций, аварийных зданий и сооружений, отдельных конструктивных элементов. На основе данного анализа сделаны выводы о перспективных направлениях усовершенствования устройств. Общей проблемой для всех видов роботов на сегодняшний день является достоверность и точность обрабатываемых результатов. Исследования показали, что использование ультразвуковых волн для определения глубины повреждения и способность составлять трёхмерную модель обследуемого объекта являются одними из наиболее важных направлений развития. Введение таких функций в программное обеспечение роботов сможет обеспечить большую безопасность и продуктивность рабочего процесса.*

Ключевые слова:

Здания; сооружения; техническое обследование; аварийные здания и сооружения; обнаружение неисправностей; роботы; обработка информации; инженерные коммуникации

## Содержание

1.	Введение	28
2.	Обзор литературы	28
3.	Цель исследования	28
4.	Обследование труднодоступных участков зданий и сооружений с помощью роботов	28
5.	Заключение	32

Контактный автор:

- 1\*. +7(965)0628560, al.gladkikh98@mail.ru (Гладких Александра Андреевна, студент)
2. +7(904)6118046 suprun.sea@gmail.com (Супрун Екатерина Антоновна, студент)

## 1. Введение

При исследовании труднодоступных участков зданий важна не только качественная оценка полученных результатов, но и скорость их поступления. Зачастую здания и сооружения находятся в аварийном состоянии и могут обрушиться в любой момент. В таких ситуациях возникают такие проблемы как оперативное получения результатов для скорейшего исправления проблемы и обеспечение безопасности людей, участвующих в рабочем процессе.

Использование роботов для обследования в аварийно-опасных ситуациях позволяет решить возникающие трудности. Чувствительные устройства, которыми оснащён робот, способны с высокой точностью считывать необходимые данные из окружающей среды. Связь подобных устройств с общей базой, находящейся за пределами опасной зоны, даёт возможность быстрого обмена данными. Компактность и модульное строение большинства моделей позволяет осторожно перемещаться по участкам строений, которые находятся в аварийном состоянии, без нанесения какого-либо вида дополнительных повреждений. В таких ситуациях исключается присутствие человека на опасном для его жизни участке, что в несколько раз уменьшает число несчастных случаев на производстве.

Также роботизация процесса крайне важна при обследовании инженерных коммуникаций, когда нет возможности провести визуальный осмотр ввиду недоступности участков для работы человека. Например, закрытые пространства, такие как бойлерные котлы, в целях безопасной эксплуатации требуют регулярного осмотра. Кроме того, обследование вентиляционных систем или систем кондиционирования так же не представляется возможным без использования датчиков (визуального осмотра недостаточно), вследствие чего роботы становятся незаменимыми.

## 2. Обзор литературы

В Российской Федерации находится большое количество ветхих и аварийных зданий [1, 2]. За 2014 год 117 зданий было частично, либо полностью разрушено, причём только в 38 случаях не было пострадавших. После подобных происшествий необходимо устраивать осмотр объектов для выяснения причин случившегося и предотвращения их в будущем. Именно поэтому тема обследования зданий и сооружений при помощи роботов актуальна в наши дни. Значительный вклад в развитие данной темы внесли как зарубежные, так и отечественные авторы.

Необходимость роботизации в строительстве была доказана в статьях российских авторов Загитдинова Т.В., Калошина С.В. Салова А.С, а также зарубежных Chika Yinka-Banjo, Isaac O. Osunmakinde, Antoine Bagula, Tang X., Yamada H Hagenah H., Böhm W., Breitsprecher T., Merklein M., Wartzack S [3-7].

Особенно хочется отметить статью Бока Т. который показал, как автоматизация строительных работ и робототехника могут способствовать обеспечению российского общества доступным жильём [8].

Во многих статьях авторы утверждают о целесообразности использования роботов при обследовании зданий, находящихся в аварийном состоянии, а также описывают различные модели приборов, которые разрабатываются для подобных работ [9-11].

В работах англоязычных авторов часто поднимается проблема обследования инженерных коммуникаций. Из-за неспособности человека качественно провести проверку состояния вентиляционных каналов, труб и других объектов малого диаметра ведётся работа над созданием специальных роботов [12-16].

Расширение области применения роботов и улучшение их характеристик влечет за собой увеличение объема данных. Новые методы получения данных с места работ и их последующей обработки представлены в следующих статьях [17-22].

Российские авторы Адам Ф.М., Васьковский А.М., Голубев К.В. и Творогов А.С. в своих работах оценили проблемы использования роботов при строительных работах, а также указали на ответственность человека, который получает и обрабатывает полученную информацию [23-25].

## 3. Цель исследования

Целью исследования является изучение российского и зарубежного опыта использования роботов для определения приоритетных и перспективных направлений их развития.

## 4. Обследование труднодоступных участков зданий и сооружений с помощью роботов

### Оценка текущей ситуации

Роботизация ряда работ по обследованию зданий и сооружений является перспективным направлением. Благодаря введению новых технологий может значительно сократиться процент травматизма в рабочем процессе, что свидетельствует о повышении безопасности работ [26-27], а

также значительно увеличивает производительность и точность выполнения работ. Сейчас использование роботов для обследования зданий популярно не во всех странах, так как введение подобного оборудования в оборот может потребовать больших затрат, которые окупятся только через продолжительный период времени.

### Роботы для обследования аварийных зданий и сооружений

Когда возникает необходимость в обследовании строительных объектов, находящихся в аварийном состоянии, использование роботов дает ряд важных преимуществ. Самое важное из них, разумеется, полная безопасность специалистов, но это не является единственным. Помимо быстрого и точного получения информации, аппарат способен просканировать те части конструкций, которые недоступны для визуального осмотра или измерительного контроля человеком. В настоящее время существует несколько отличающихся видов роботов, которых можно использовать в различных ситуациях, в зависимости от конструктивных особенностей обследуемых поверхностей.

### Обследование конструктивных элементов

Роботы для обследования зданий и сооружений могут представлять собой как систему, так и отдельных роботов. Для каждого типа существует ряд преимуществ, представленных в таблице 1.

Табл.1. Преимущества отдельных видов роботов для обследования зданий и сооружений

Система мобильных роботов		Отдельные роботы
<p>Система, управляемая центральной базой</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Быстрый сбор данных;</li> <li>- Не требует постоянного контроля со стороны оператора.</li> </ul>	<p>Система (комбинированный робот), управляемая оператором</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Позволяет использовать функции различных типов роботов.</li> </ul>	<p>Роботы со сложной траекторией</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Позволяет осмотреть недоступные для человека элементы здания или сооружения;</li> <li>- Перемещение по наклонным, вертикальным поверхностям;</li> <li>- Требуется контроль оператора.</li> </ul>

Для обследования постройки с обширной площадью используют мобильных роботов, объединённых в единую систему, управляемую базовой станцией. Базовая станция на стратегическом уровне управляет процессом сбора информации, с помощью формирования пути движения и выдачи задач для устройств. В моделях присутствует простой по конструкции манипулятор, который при передвижении сможет прикреплять датчики на объект исследования. Система роботов будет передавать всю полученную сенсорную информацию в общий центр, где уже после обработки результатов будет составлена полная видимость обрушенного или аварийного строения. Проанализировав данный принцип работы можно установить, он не пригоден для труднопроходимых участков, например, инженерных коммуникаций, так как не представляется возможным удобное создание сложной траектории для одного робота.

Для обследования небольшой, существенно поврежденной поверхности наиболее рациональным считается использование комбинированных роботов, представляющих собой гибридизацию механизмов движения и сбора информации нескольких отдельных роботов. Данный тип робота характеризуется особым гусеничным передвижением. Специфика визера позволяет роботу с высокой точностью находить трещины в конструкции зданий и сооружений. Данный вид роботов пока не получил массового распространения, в связи с трудностью перемещения на некоторых участках. В этом случае приоритетной проблемой являются сложности перемещения устройства в конструкции с меньшим радиусом, чем у исходной.

Отдельные роботы чаще всего применяются для обследования труднодоступных участков, требующих реализации сложной траектории. Поэтому сейчас одной из развивающихся моделей являются роботы вертикального перемещения (Рис.1-2). Их удобно применять на сложных вертикальных либо наклонных поверхностях. Отличительной чертой, благодаря которой данные устройства могут перемещаться и надежно закрепляться на участке, являются вакуумные захватные устройства, которые оснащены датчиками положения. Используя системы технического зрения, а также устройства химического и радиационного контроля возможно производить диагностику различных повреждений.

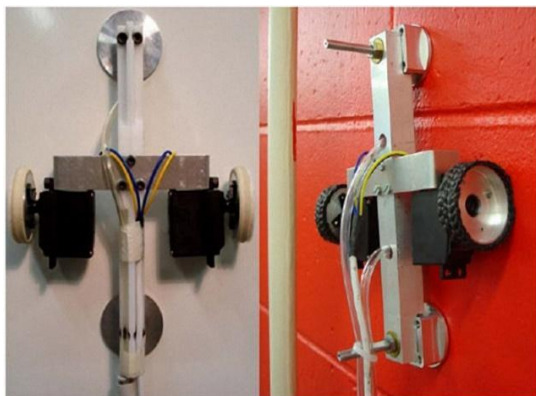


Рисунок 1. Вертикальный робот [28]

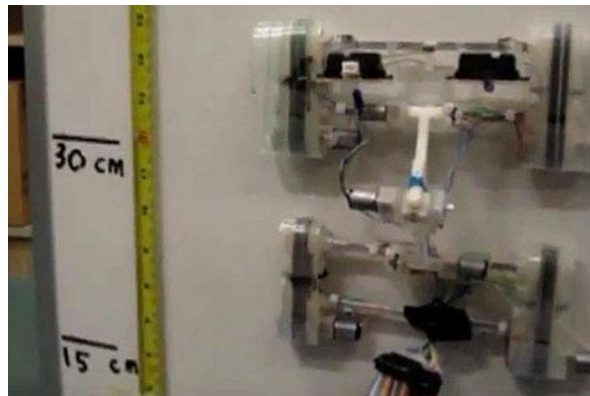


Рисунок 2. Вертикальный робот ТВСР-II [29]

Каждая модель роботов обладает отличительными особенностями. У всех есть ряд своих преимуществ, которые дают возможность применить оптимальный вид робота в определённой ситуации для обследования аварийного объекта. Но, несмотря на это, можно выделить отдельные черты, которыми характеризуются все механизмы, предназначенные для обследования аварийных зданий и сооружений:

1. небольшой размер для возможности передвигаться между завалами;
2. наличие чувствительных датчиков для считывания информации и ориентирования в пространстве;
3. модульная конструкция для быстрой замены повреждённой детали в случае обрушения.

Роботы способны ускорить проведение работ, а также обеспечить безопасность на стройке. Поэтому производители продолжают совершенствовать уже существующие модели, используя перспективные направления, а также постепенно вводить их в эксплуатацию. Благодаря использованию новых технологий появится возможность сократить временные и денежные затраты, а также увеличить точность производимых работ.

Активнее всего современные модели используют в Америке и Японии. В частности, это происходит потому, что в этих странах регулярно проводятся конкурсы по созданию устройств для обследований, участники которых активно используют новые технологии для улучшения характеристик роботов. По данным специалистов, спрос на роботов продолжает расти, а судя по получаемой строительными компаниями выгодами при использовании новой техники, данная тенденция будет продолжаться и в будущем.

### Обследование инженерных коммуникаций

Обследование инженерных коммуникаций – наиболее широкая сфера для применения роботов, поскольку человек не может качественно обследовать столь маленькие пространства. Энергопотребление регулярно возрастает из-за роста населения и развивающейся промышленности, что выставляет более высокие требования к систематическому контролю и инспекции энергетических систем, цель которых обеспечить бесперебойное производство и поставку энергоресурсов [30-31]. Поэтому в настоящее время крайне актуальна тема роботизации обследования инженерных коммуникаций, в частности, труб и вентиляционных каналов.

Основные сложности, которые возникают при обследовании труб и вентканалов: повороты трубопровода, тройники или отводы, сужения (увеличения) диаметра трубы (внутренние подкладки, сварные швы, гофрированные участки), изменения диаметра и формы трубы (вмятины), наклонные или вертикальные участки. Исходя из этих проблем, большинство роботов имеет ряд общих свойств [32].

1. Использование колесного или гусеничного роботизированного комплекса.
2. Маленький размер робота.
3. Непрерывный сбор информации о положении робота относительно объектов внешней среды.
4. Формирование траектории для оптимального достижения поставленной задачи.

Для работы в трубах или вентиляционных каналах требуются сложные алгоритмы проектирования маршрута движения. Сейчас существует более 30 переменных, которые необходимо учитывать для расчета передвижения робота, таких как изменение температуры, направление движения, наклона, дополнительных сил и давления. Согласно существующей полной теоретической оценке всех факторов, учитывая используемое сейчас программное обеспечение, можно сделать вывод о том, что не найден реализуемый оптимальный алгоритм, позволяющий учитывать большую часть переменных и автоматически планировать маршрут движения.

Частным случаем обследования инженерных коммуникаций является осмотр коллекторной системы отопления. В настоящий момент роботы для обследования коллекторов делятся на роботов, позволяющих оценить внутреннюю поверхность котла коллектора, и роботов для оценки состояния коллекторных труб. Трубы коллектора имеют значительно меньший диаметр, порядка 28 мм, а также требуют возможности вертикального перемещения роботов. Большая часть роботов для обследования котла снабжена модулем обработки информации и не требует работы оператора. Роботы для обследования труб имеют меньший размер, специальные магнитные колеса, а также портативный модуль развертывания, необходимый ввиду различных конфигураций котлов (с параллельным и перпендикулярным входом). Таким образом, данные роботы требуют максимально точного алгоритма разработки маршрута, и, как следствие, на данном этапе развития нуждаются в работе оператора. Что, очевидно, снижает эффективность и точность их работы.

Также роботы применяются для обследования системы кондиционирования. Основной отличительной чертой данных роботов является необходимость оснащать их большим количеством датчиков, поскольку визуальной картинки для выявления утечки недостаточно, также необходима возможность беспроводного управления. Такие роботы имеют повышенную точность, поскольку ориентируются на температурный режим, но также низкое время работоспособности без подзарядки.

Исходя из исследования характеристик используемых сегодня специальных роботов, можно сделать вывод о том, что развитие робототехники в области обследований зданий и сооружений продолжается. В совершенствовании нуждаются в первую очередь алгоритмы роботов, поскольку в наши дни они сильно отстают в развитии от механизмов.

### **Общие методы получения информации при обследовании зданий и сооружений**

Одним из развивающихся методов обследования является ультразвуковое обследование. Такое обследование позволяет оценить зону и глубину повреждения бетона. Данная методика получения данных может быть очень востребована при её использовании в экстренных ситуациях. Ультразвуковой метод менее трудоемок, благодаря чему в стрессовой ситуации человек сможет оперативно и с меньшей вероятностью ошибки собрать необходимые данные. Все перечисленные достоинства, которыми будет обладать прибор, позволяют использовать его чаще, что будет способствовать быстрой окупаемости.

Более затратный, но и более точный способ получения информации – создание трехмерной модели на основе лазерного сканирования. Поэтому уже сейчас разрабатывается новая методика диагностики для получения подобных результатов. На первых этапах робот сканирует пространство при помощи трехмерного лазерного сканирования. Полученные точки смогут переводиться в высокоточную модель, из которой можно будет получить чертежи объекта и практически сразу приступить к расчётам. Осуществив подобную функцию, у рабочих появится возможность быстрее находить проблемные места в конструкции и принимать решение об их устранении. В экстренных ситуациях это может уберечь людей от обрушения здания.

Сравнивая оба данных метода, можно прийти к выводу, что сегодня более широкое применение находит метод ультразвукового обследования, поскольку затраты альтернативного способа не окупаются его преимуществами.

Табл.2 Общие методы получения информации

Ультразвуковое обследование	Создание трехмерной модели
- менее трудоемко - экономично	- намного более точно - более удобно при расчетах

### **Обработка полученной информации**

Увеличение точности производимых измерений всегда остаётся одной из важнейших целей инженеров-разработчиков, так как влияние окружающей среды не даст получить абсолютно точный результат. Тенденции развития роботов для обследования зданий и сооружений направлены на то, чтобы представлять полученную информацию в наиболее удобном виде. Благодаря этому к дальнейшей обработке результатов возможно приступить быстрее. Данный этап находится в стадии активной разработки, появляются новые алгоритмы, однако в целом не было общепризнанной высокоточной модели, не требующей больших временных или материальных затрат.

Все типы роботов, применяемых для обследования, можно разделить на две категории по методам обработки получаемой информации: через компьютерный модуль и с помощью диспетчера. В первом случае камера и датчики фиксируют наблюдаемую поверхность и координаты в пространстве, соответствующий модуль отправляет данные, которые обрабатывает непосредственно компьютер. Во втором случае камера передает изображение, с помощью которого человек, то есть оператор,

осуществляет оценку повреждений. Оба способа имеют свои достоинства, приведенные в таблице 3.

Исходя из сравнительного анализа данных типов обработки получаемой информации, можно сделать вывод о том, что в наши дни оба способа не являются взаимозаменяемыми, остаются актуальными в зависимости от масштаба требуемых работ, а также их точности, поэтому нельзя сказать, что со временем какой-либо из способов станет более актуален.

Табл. 3. Способы обработки информации

Через ПК	С помощью оператора
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Большая производительность;</li> <li>- Отсутствует ошибка из-за субъективного восприятия изображения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Аппаратура значительно дешевле;</li> <li>- Робот потребляет меньше энергии, увеличивается время работы без подзарядки</li> </ul>

## 5. Заключение

В работе были определены перспективные направления развития роботов, используемых при техническом обследовании зданий и сооружений, а именно: уменьшение их размеров с целью повышения маневренности, повышение точности алгоритмов обработки данных, а также разработка новых алгоритмов для передвижений роботов. Последнее также является одной из самых больших неразрешенных проблем в настоящее время.

В ходе исследования было выявлено, что наиболее перспективной, развивающейся областью применения роботов является обследование труднодоступных участков зданий и сооружений. Основные достоинства роботизации заключаются в повышении качества и скорости выполнения работ, а также безопасности специалистов.

### Литература

- [1]. Симанкина Т.Л., Попова О.Н. Квалиметрическая экспертиза при оценке состояния застройки урбанизированной территории // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 71-78.
- [2]. Брайла Н.В., Лазарев Ю.Г., Романович М.А., Симанкина Т.Л., Улыбин А.В. Современные проблемы строительной науки, техники и технологии // Учебное пособие. Санкт-Петербург. 2017. 141 с.
- [3]. Загитдинова Т.В., Калошина С.В. Автоматизация в строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 1. С. 258-265.
- [4]. Chika Yinka-Banjo, Isaac O. Osunmakinde, Antoine Bagula. Cooperative Behaviours with Swarm Intelligence in Multirobot Systems for Safety Inspections in Underground Terrains. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014.
- [5]. Салов А.С. Особенности автоматизации технологического проектирования в строительстве // Вестник научных конференций. 2016. № 1-1 (5). С. 86-87.
- [6]. Tang X., Yamada H. Tele-operation Construction Robot Control System with Virtual Reality Technology. *Procedia Engineering*. 2011. No. 15. Pp. 1071-1076.
- [7]. Улыбин А.В., Федотов С.Д. Применение ультразвукового метода для оценки зоны повреждения железобетона после пожара // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 7. С. 38-40.
- [8]. Бок Т. Социально ориентированное функционально гибкое доступное жилье за счет технических инноваций на базе автоматизации и роботизации строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 10-14.

### References

- [1]. Simankina T.L., Popova O.N. Kvalimetriceskaya ekspertiza pri otsenke sostoyaniya zastroyki urbanizirovannoy territorii [Qualimetric examination in the condition of urban areas evaluating]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013. No 7 (12). Pp. 71-78.
- [2]. Brayla N.V., Lazarev Yu.G., Romanovich M.A., Simankina T.L., Ulybin A.V. Sovremennye problemy stroitel'noy nauki, tekhniki i tekhnologii [Modern problems of construction science]. *Sankt-Peterburg*. 2017. 141 p. (rus)
- [3]. Zagitdinova T.V., Kaloshina S.V. Avtomatizatsiya v stroitel'stve // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve [Constructions automation]. *Teoriya i praktika*. 2016. No. 1. Pp. 258-265.
- [4]. Chika Yinka-Banjo, Isaac O. Osunmakinde, Antoine Bagula. Cooperative Behaviours with Swarm Intelligence in Multirobot Systems for Safety Inspections in Underground Terrains. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014.
- [5]. Salov A.S. Osobennosti avtomatizatsii tekhnologicheskogo proektirovaniya v stroitel'stve [Special aspects of construction automation]. *Vestnik nauchnykh konferentsiy*. 2016. No. 1 (5). Pp. 86-87.
- [6]. Tang X., Yamada H. Tele-operation Construction Robot Control System with Virtual Reality Technology. *Procedia Engineering*. 2011. No 15 Pp. 1071-1076
- [7]. Ulybin A.V., Fedotov S.D. Primenenie ul'trazvukovogo metoda dlya otsenki zony povrezhdeniya zhelezobetona posle pozhara [Application of supersonic method for damage assessment]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 7. Pp. 38-40.
- [8]. Bok T. Sotsial'no orientirovannoe funktsional'no gibkoe dostupnoe zhil'ye za schet tekhnicheskikh innovatsiy na baze avtomatizatsii i robotizatsii

- [9]. Иванов Д.С. Порядок применения мобильных роботов для обследования и мониторинга аварийных зданий в условиях чрезвычайных ситуаций // Технологии гражданской безопасности. 2013. Т. 10. № 1 (35). С. 80-82.
- [10]. Градецкий В.Г., Князьков М.М. Состояние и перспективы развития роботов вертикального перемещения для экстремальных сред // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 1 (2). С. 9-16.
- [11]. Nur Shahida Roslin, Adzly Anuar, Muhammad Fairuz Abdul Jalal, Khairul Salleh Mohamed Sahari. A Review: Hybrid Locomotion of In-pipe Inspection Robot. *Procedia Engineering*. 2012. No 41. Pp. 1456-1462.
- [12]. Bahadur Ibrahimov. Development of a Decision Making Guide for Locomotion Design for In-pipe Inspection Robots - One Step towards Open Innovation in Robotics. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. No 49. Pp. 77-82.
- [13]. Muhammad Fairuz Abdul Jalala, Khairul Salleh Mohamed Saharia, Mohd Azwan Azizb, Kamal Yunosb, Adzly Anuara, Muhammad Fahmi Abdul Ghania, Dickson Neoh Tze Howa. Design and Development of Robotic System for Visual Inspection of Boiler Tube Inner Surface. *Procedia Computer Science*. 2017. No 105. Pp. 304–309.
- [14]. Iszmir Nazmi Ismail, Khairurrijal Ab. Halim, Khairul Salleh Mohamed Sahari, Adzly Anuar, Muhammad Fairuz Abdul Jalal, Fevi Syaifoelida, M.R. Eqwan. Design and Development of Platform Deployment Arm (PDA) For Boiler Header Inspection at Thermal Power Plant by Using the House of Quality (HOQ) Approach. *Procedia Computer Science*. 2017. No 105. Pp. 296-303.
- [15]. M.F. Yusoff B.S.K.K, Ibrahim.H. Hamzah, H.A. Kadir. Development of Air Conditional Route Wireless Inspection Robot. *Procedia Engineering*. 2012. No 41. Pp. 874-880.
- [16]. Fu Zhuang, Chen Zupan, Zheng Chao, Zhao Yanzheng. A Cable-tunnel Inspecting Robot for Dangerous Environment. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2008. No 5.
- [17]. Hagenah H., Böhm W., Breitsprecher T., Merklein M., Wartzack S. Modelling, Construction and Manufacture of a Lightweight Robot Arm. *Procedia CIRP*. 2013. No. 12. Pp. 211-216.
- [18]. Седин В.Л., Ульянов В.Ю., Бауск Е.А., Ульянов Я.В. Методика испытаний грунтов универсальным динамическим зондом лиатэ // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. № 2 (215). С. 19-24.
- [19]. Лавданский П.А., Павлов А.С., Игнат'ев О.В. Системный анализ объектов и процессов автоматизации проектирования в строительстве // Вестник МГСУ. 2012. № 1. С. 177-181.
- [20]. Kikuhito Kawasue, Takayuki Komatsu. Shape Measurement of a Sewer Pipe Using a Mobile Robot with Computer Vision. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2013. No 10.
- [21]. Симанкина Т.Л., Попова О.Н. Квалиметрическая экспертиза при оценке состояния застройки урбанизированной территории // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 71-78.
- [22]. Urrea C., Cortés J., Pascal J. Design, construction and control of a SCARA manipulator with 6 degrees of freedom. *Journal of Applied stroitel'stva [Socially orientated Complementary Software House builded by robotics]*. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 10. Pp. 10-14.
- [9]. Ivanov D.S. Poryadok primeneniya mobil'nykh robotov dlya obsledovaniya i monitoringa aviarynykh zdaniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [Order of Application of Mobile Robot for Surveys and Monitoring of Damaged Buildings in Emergencies]. *Civil Security Technology*. 2013. No.1 (35). Pp. 80-82.
- [10]. Gradetskiy V.G., Knyaz'kov M.M. Sostoyanie i perspektivy razvitiya robotov vertikal'nogo peremeshcheniya dlya ekstremal'nykh sred [Present and future trends of wall climbing robot's development for extreme conditions]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika*. 2014. No.1 (2). Pp. 9-16.
- [11]. Nur Shahida Roslin, Adzly Anuar, Muhammad Fairuz Abdul Jalal, Khairul Salleh Mohamed Sahari. A Review: Hybrid Locomotion of In-pipe Inspection Robot. *Procedia Engineering*. 2012. No 41. Pp 1456-1462
- [12]. Bahadur Ibrahimov. Development of a Decision Making Guide for Locomotion Design for In-pipe Inspection Robots - One Step towards Open Innovation in Robotics. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. No 49. Pp. 77-82.
- [13]. Muhammad Fairuz Abdul Jalala, Khairul Salleh Mohamed Saharia, Mohd Azwan Azizb, Kamal Yunosb, Adzly Anuara, Muhammad Fahmi Abdul Ghania, Dickson Neoh Tze Howa. Design and Development of Robotic System for Visual Inspection of Boiler Tube Inner Surface. *Procedia Computer Science*. 2017. No 105. Pp. 304–309.
- [14]. Iszmir Nazmi Ismail, Khairurrijal Ab. Halim, Khairul Salleh Mohamed Sahari, Adzly Anuar, Muhammad Fairuz Abdul Jalal, Fevi Syaifoelida, M.R. Eqwan. Design and Development of Platform Deployment Arm (PDA) For Boiler Header Inspection at Thermal Power Plant by Using the House of Quality (HOQ) Approach. *Procedia Computer Science*. 2017. No 105. Pp. 296-303.
- [15]. M.F. Yusoff B.S.K.K, Ibrahim.H. Hamzah, H.A. Kadir. Development of Air Conditional Route Wireless Inspection Robot. *Procedia Engineering*. 2012. No 41. Pp. 874-880.
- [16]. Fu Zhuang, Chen Zupan, Zheng Chao, Zhao Yanzheng. A Cable-tunnel Inspecting Robot for Dangerous Environment. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2008. No 5.
- [17]. Hagenah H., Böhm W., Breitsprecher T., Merklein M., Wartzack S. Modelling, Construction and Manufacture of a Lightweight Robot Arm. *Procedia CIRP*. 2013. No. 12. Pp. 211-216.
- [18]. Sedin V.L., Ul'yanov V.Yu., Bausk E.A., Ul'yanov Ya.V. Metodika ispytaniy gruntov universal'nym dinamicheskim zondom liate [Testing procedure of ground coat by penetrometer]. *Visnik Pridniprovskoi derzhavnoi akademii budivnitstva ta arkhitekturi*. 2016. No 2 (215). Pp. 19-24.
- [19]. Lavdanskiy P.A., Pavlov A.S., Ignat'yev O.V. Sistemnyy analiz ob'ektov i protsessov avtomatizatsii proektirovaniya v stroitel'stve [Systems analysis for objects and processes of design automation in construction]. *Vestnik MGSU*. 2012. No 1. Pp. 177-181.
- [20]. Kikuhito Kawasue, Takayuki Komatsu. Shape Measurement of a Sewer Pipe Using a Mobile Robot with Computer Vision. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2013. No 10.
- [21]. Simankina T.L., Popova O.N. Kvalimetricheskaya ekspertiza pri otsenke sostoyaniya zastroyki urbanizirovannoy territorii [Qualimetric examination in the condition of urban areas evaluating]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013.

- Research and Technology. 2016. No. 14. Pp. 396-404.
- [23]. Адам Ф.М. Современные проблемы обследования технического состояния зданий и сооружений // Вестник гражданских инженеров. 2005. № 4. С. 66-69.
- [24]. Васильковский А.М. Строительные роботы: реальность и перспективы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 2. С. 79-83.
- [25]. Голубев К.В., Творогов А.С. Актуальные вопросы взаимодействия эксперта с лицами, заинтересованными в получении экспертного заключения, при проведении технической экспертизы зданий, сооружений и иных объектов недвижимости // Master's Journal. 2015. № 1. С. 153-159.
- [26]. Шагина Е.С. Роботизация как метод повышения безопасности строительного производства // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6 (21). С. 128-147
- [27]. Якубсон В.М. Проблемы обследования зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7.
- [28]. Robot wspinający się po ścianach [Электронный ресурс] <http://www.banzaj.pl/galeria/robotwspinajacy sie po scianach-galdok-29147-295828-jpg.html>
- [29]. Робот ТБСР-II поднимается по гладкой стене [Электронный ресурс] <http://www.tv.net.ua/news/science/1050686376-robot-tbcp-ii-podnimaetsya-po-gladkoy-stene.html>
- [30]. Золина Т.В. Порядок проведения обследований здания с целью последующей оценки его остаточного ресурса // Вестник МГСУ. 2014. № 11. С. 98-108.
- [31]. Borangiu T., Ceccarelli M., Anton F., Anton S., Carbone G., Stocklosa O. Open Robot Control for Services in Construction. IFAC Proceedings Volumes. 2012. No. 45. Pp. 865-870.
- [32]. Holst R., Sperber M., Gossmann R. Structural inspection supported by new inspection techniques - First results. Bautechnik. 2016. No 10. Pp. 742-746
- No.7 (12). Pp. 71-78.
- [22]. Urrea C., Cortés J., Pascal J. Design, construction and control of a SCARA manipulator with 6 degrees of freedom. Journal of Applied Research and Technology. 2016. No. 14. Pp. 396-404.
- [23]. Adam F.M. Sovremennye problemy obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy [The modern inspection problems of the technical condition of buildings and constructions]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2005. No 4. Pp. 66-69.
- [24]. Vas'kovskiy A.M. Stroitel'nye roboty: real'nost' i perspektivy [ Building robots: the reality and prospect]. Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2012. No. 2. Pp. 79a-83.
- [25]. Golubev K.V., Tvorogov A.S. Aktual'nye voprosy vzaimodeystviya eksperta s litsami, zainteresovannymi v poluchenii ekspertnogo zaklyucheniya, pri provedenii tekhnicheskoy ekspertizy zdaniy, sooruzheniy i inykh ob'ektov nedvizhimosti [Topical issues of interactions between expert and persons, interested in experts opinion, when carrying out technical expertize of buildings, constructions and other real estate objects]. Master's Journal. 2015. No 1. Pp. 153-159.
- [26]. Shagina E.S. Robotizatsiya kak metod povysheniya bezopasnosti stroitel'nogo proizvodstva [Robotics as a method of improving the safety construction production]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No. 6 (21). Pp. 128-147.
- [27]. Yakubson V.M. Problemy obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy [Buildings and structures survey: conference as a way of solving problems] Magazine of Civil Engineering. 2010. No 7.
- [28]. Robot wspinający się po ścianach [Electronic resource] [http://www.banzaj.pl/galeria/robot\\_wspinajacy sie po scianach-galdok-29147-295828-jpg.html](http://www.banzaj.pl/galeria/robot_wspinajacy sie po scianach-galdok-29147-295828-jpg.html)
- [29]. Робот ТБСР-II поднимается по гладкой стене [Electronic resource] <http://www.tv.net.ua/news/science/1050686376-robot-tbcp-ii-podnimaetsya-po-gladkoy-stene.html>
- [30]. Zolina T.V. Poryadok provedeniya obsledovaniya zdaniya s tsel'yu posleduyushchey otsenki ego ostatochnogo resursa [Inspection procedure of buildings for the purpose of subsequent assessment of their residual life]. Vestnik MGSU. 2014. No.11 Pp. 98-108.
- [31]. Borangiu T., Ceccarelli M., Anton F., Anton S., Carbone G., Stocklosa O. Open Robot Control for Services in Construction. IFAC Proceedings Volumes. 2012. No. 45. Pp. 865-870.
- [32]. Holst R., Sperber M., Gossmann R. Structural inspection supported by new inspection techniques - First results. Bautechnik. 2016. No 10. Pp. 742-746.

**Гладких А.А., Супрун Е.А. Обследование труднодоступных участков зданий и сооружений с помощью роботов // Alfabuild. 2017. №1 (1). С. 27-35**

**Gladkikh A.A., Suprun E.A. Inspection of barely accessible building's and construction's areas by dint of robots Alfabuild, 2017, 1 (1), Pp. 27-35(rus)**



---

# Inspection of barely accessible building's and construction's areas by dint of robots

A.A. Gladkikh <sup>1\*</sup> E.A. Suprin <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

---

Article info

review article

## Abstract

*Nowadays buildings examination and analysis require high precision and high results processing speed. For these purposes, robotic technologies are being gradually put into production. Advantages and disadvantages of different models were analyzed. On the basis of these conclusions about the promising directions of improvement of the devices were made. A common problem for all kinds of robots today is the accuracy of the processed results. Studies have shown that the use of ultrasonic waves for determining the damage level and the ability to make a three-dimensional model of the inspected object are one of the most important directions of development. The implementation of these functions for robots will lead to improvements in safety and productivity of the workflow.*

Keywords:

Buildings; construction; structural survey; dangerous building and structures; damage detection; robots; information processing; engineer communication

---

---

Corresponding author:

- 1\*. +7(965)0628560, al.gladkikh98@mail.ru (Gladkikh Alexandra, Student)
2. +7(904)6118046 Suprun.sea@gmail.com (Suprun Ekaterina, Student)