

УДК 69.055

С. Г. Абрамян^а, О. В. Бурлаченко^а, О. В. Оганесян^б, Т. Ш. Асрян^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Московская дирекция железнодорожных вокзалов, Павелецкий вокзал — филиал ОАО «РЖД»*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассматривается возможность применения автоматизированных и роботизированных систем для расчистки строительной площадки. Отмечается, что эффективность подготовительных работ на строительной площадке достигается на основе внедрения автоматизированных технологических процессов; геодезических и картографических технологий; роботизированных строительных машин; информационных систем управления жизненным циклом. На основе обзора научной литературы выявлены необходимые цифровые инструменты (лазерные камеры, лазерные и спектральные сканеры, тепловизоры, георадары), которые решают конкретные задачи, но при этом, дополняя друг друга, повышают качество предварительного исследования, снижая затраты на подготовку территории.

Подчеркивается важность применения глобальной системы позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), дронов, географических информационных систем (ГИС), позволяющих точно определять границы участка, анализировать топографию, планировать размещение объектов. Приведена схема интеграции и взаимосвязь ГИС- и БПЛА-технологий с целью создания цифровой модели рельефа (ЦМР), необходимой для расчистки строительной площадки.

Отмечается, что применение ручных инструментов (например, совковых лопат) малоэффективно, тем не менее их использование необходимо в труднодоступных местах. Представлены запатентованные конструкции лопат, совки которых снабжены дополнительными деталями, а именно зубьями, заостренными штырями и шнеком, позволяющими без особых усилий выполнять разрыхление твердых грунтов. Кроме того, из трех представленных видов две лопаты снабжены небольшим электродвигателем, что максимально повышает производительность труда. Представленные лопаты явились прообразом для моделирования с помощью нейросети роботизированных лопат, снабженных цифровыми инструментами с целью определения географических точек местности, объема разработки, перемещения, разравнивания грунта. Вместе с тем отмечается, что созданные с помощью нейросети специальные инструменты для расчистки строительной площадки должны обязательно проходить многоэтапную экспертизу специалистами.

Ключевые слова: ГИС-технологии, БПЛА-технологии, цифровые инструменты, совковые лопаты-разрыхлители, искусственный интеллект

Введение

Подготовительный период строительства — очень важный этап жизненного цикла (ЖЦ) объекта недвижимости (здания или сооружения), и повышенные требования к выполнению работ этого периода обеспечивают надежность функционирования и долговечность объекта строительства.

К основным важным направлениям технологического прогресса, позволяющим повысить эффективность подготовительных работ на строительной площадке, характеризующейся сокращением временных и финансовых затрат, улучшением качества выполнения работ и минимизацией возникающих рисков, относятся: автоматизация процессов; геодезические и картографические технологии; роботизированные строительные машины; информационные системы управления жизненным циклом и др.

Современные автоматизированные системы позволяют проводить мониторинг состояния строительной площадки в режиме реального времени. Датчики и камеры фиксируют изменения в грунте, контролируют уровень влажности и плотность материала, что облегчает принятие управленческих решений. Анализ научных публикаций [1—5] показывает важность и возможности применения датчиков частотно-диэлектрического типа для измерения влажности грунта земляного полотна [1]; датчиков послойного контроля влажности почвы и способа их установки в грунт [2]; в [3] представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на оценку применимости динамического плотномера при контроле деформационных характеристик насыпных грунтов. При этом в качестве контролируемых параметров были приняты коэффициент уплотнения и влажность грунта, измеряемых — компрессионный модуль деформации, динамический модуль упругости, сила и осадка. Датчик плотности материала, заполненный сыпучим токопроводящим материалом, который меняет электрическую проводимость с изменением плотности, описан в [4]. При этом методика измерения заключается в следующем: в исследуемую точку массива грунта помещается датчик специальной конструкции, способный деформироваться вместе с окружающим его грунтом; сигнал о деформации датчика передается на поверхность к специальному измерительному прибору. В статье [5] рассматривается возможность применения неметрических цифровых камер в наземной стереофотограмметрической съемке для контроля объемов перемещенного грунта.

Специфика работы датчиков влажности грунта заключается в том, что получаемые с их помощью данные поступают в режиме реального времени; благодаря возможности непрерывного измерения уровня влажности грунта ручной отбор проб для проведения соответствующего лабораторного анализа, как правило, не требуется, что, в свою очередь, обеспечивает более быстрый выбор обоснованного решения, позволяя тем самым экономить время.

Исследования геодезической и картографической технологий связаны с использованием ГСП (глобальной системы позиционирования: GPS (США) или ГЛОНАСС (Россия)) — навигации, дронов и географических информационных систем (ГИС), что помогает точно определять границы участка, анализировать топографию и планировать размещение объектов. Несмотря на то, что с помощью ГСП можно получать лишь данные общего характера, связанные с координатными точками местности и статистической информацией, ее интеграция с другими технологиями, например ГИС и БПЛА, позволяет оперировать данными, необходимыми для практических целей и научных исследований [6].

Исследования по роботизированным строительным машинам в основном направлены на выявление многообразия строительных манипуляторов и роботов, разработку их классификации [7, 8]. В [8] в качестве строительных роботизированных строительных механизмов (кроме систем заводского изготовления, работающих за пределами строительной площадки объекта строительства и внутри ее, БПЛА и автономных транспортных средств) в отдельную группу вынесены экзоскелеты, обеспечивающие снижение физических нагрузок при выполнении строительно-монтажных работ. В работах [8, 9] отмечается, что экзоскелеты минимизируют вероятность получения производственных травм. Обзор имеющихся в настоящее время видов

экзоскелетов, которые можно применять в строительной отрасли, в том числе при расчистке территории строительной площадки, представлен в [10].

Авторы статьи [11] отмечают, что в строительстве роботы используются в первую очередь для производства земляных, свайных, монтажных и бетонных работ. Так как требуется выполнение широкого спектра простых и сложных технологических процессов, эти роботы шарнирно-сочлененного типа своими движениями и внешне напоминают человеческую руку. В целом это соответствует концепции «Индустрия 5.0», а именно применению коботов.

Авторы [12] в своем исследовании рассматривают роботизированную технику зарубежных производителей, применяемую в строительной отрасли. В частности, отмечается, что калифорнийская фирма Built Robotics разработала прототип беспилотного самоуправляемого экскаватора: для свободного перемещения по строительной площадке и выполнения различных видов подготовительных работ на ней экскаватор оснащался высокоточным GPS-приемником, модулем беспроводной связи, системой распознавания образов и оптическим дальномером LiDAR.

В публикациях [13, 14] говорится о существовании роботизированных систем для расчистки территории строительной площадки (переноса строений малых габаритов, деревьев, удаления пней, камней валунов и т. д.), однако не представлены конкретные примеры. Роботизированные корчеватели, кусторезы, бульдозеры, экскаваторы и камнеомы повышают производительность и точность земляных работ. Их способность автономно функционировать в сложных условиях существенно упрощает проведение подготовительных мероприятий.

Информационные системы управления (ИСУ) в основном рассматриваются как программные комплексы для осуществления контроля и своевременного устранения проблем и рисков при расчистке строительной площадки или при выполнении других видов работ подготовительного периода. В составе ИСУ в научных публикациях рассматриваются модули «Цифровой строительный контроль» (ЦУС) и «МРС СтройКонтроль», модуль облачной платформы «Ехон.Стройконтроль».

Однако контроль необходимо рассматривать и планировать на основе применения составных частей технологий информационного моделирования (ТИМ) [15, 16], что позволит достичь необходимых значений критериев для оценки расчистки строительной площадки, а именно: интенсивности, высокого качества, безопасности выполнения работ, минимизации экологических последствий и, как результат, получения экономической выгоды за счет сокращения финансовых расходов.

Целью данной работы является выявления возможностей по формированию аналитической базы создания роботизированных инструментов на основе применения нейросети для эффективной расчистки строительной площадки.

Материалы и методы

Основными методами исследования являются анализ и синтез представленных во введении и других научных публикациях вариантов и перспектив модификации существующих средств механизации, оборудования, инструментов для расчистки строительной площадки посредством применения цифровых инструментов и технологий, в том числе с помощью искусственного интеллекта (ИИ).

Анализ работ [17—19] показывает, что к основным преимуществам GPS-технологий относятся точность измерений даже в труднодоступных местах; сокращение затрат времени на полевые измерения; возможность интеграции с ГИС для дальнейшей обработки данных.

Комплексное же использование технологий GPS, ГИС и БПЛА является эффективным инструментом для оптимизации процессов подготовки строительных площадок и повышения точности инженерных работ.

Возможности ГИС применительно к расчистке территории строительной площадки включают: создание детальной цифровой модели местности, прогноз возможных рисков, проблем и др.

Полученная с помощью GPS информация далее поступает в ГИС с целью ее обработки и так называемой *real-time* визуализации (т. е. визуализации в режиме реального времени). Таким образом, геоинформационная система — это эффективный инструмент, с помощью которого можно проводить анализ собранных данных; создавать и обновлять карты местности, где планируются строительные работы; создавать модели этой местности; проектировать инженерные системы; строить 3D-модели при подготовке к строительству.

В связи с тем, что технология GPS, как уже отмечалось, имеет определенные ограничения, т. е. предоставляет только базовую информацию, необходима ее интеграция с БПЛА — технологией, которая играет ключевую роль в процессе предварительной оценки состояния территории. БПЛА позволяют проводить аэросъемку, собирать подробную информацию о состоянии грунта, растительности и других объектах на участке. Для этого применяется ряд цифровых инструментов, установленных на борту БПЛА. Рассмотрим наиболее распространенные и эффективные.

1. Лазерные камеры для выполнения фотограмметрии. Высококачественные изображения (отличающиеся высокой степенью точности полученных данных, которые легко обрабатываются современными компьютерными программами) создаются с высоты птичьего полета и впоследствии используются для создания цифровой модели рельефа местности — Digital Elevation Model (DEM).

2. Лазерные сканеры — Light Detection and Ranging (LiDAR). Лазерный сканер посылает световые импульсы и фиксирует отраженный сигнал. В результате создается облако точек, представляющих собой поверхность земли и расположенных на ней объектов. К особенностям LiDAR относятся: возможность проникнуть сквозь растительность и увидеть состояние почвы под деревьями и кустарниками; высокое разрешение и высокая точность измерений (до сантиметров); быстрота сбора данных даже на сложных участках.

3. Тепловизионное наблюдение осуществляется с помощью установленного на борту БПЛА тепловизора, который регистрирует распределение тепла на обследуемой территории. Метод позволяет выявить подземные коммуникации, повреждения трубопроводов и другие дефекты инженерных коммуникаций, связанные с распределением температуры. Таким образом, основное назначение тепловизоров — обнаружение дефектов подземных инженерных коммуникаций; поиск очагов возгорания и перегревшихся конструктивных элементов; анализ энергоэффективности строительных систем.

4. Георадар — Ground Penetrating Radar. Он также устанавливается на борту БПЛА, проникает внутрь поверхностных слоев почвы, позволяя

обнаружить подземные коммуникации, объекты и препятствия, такие как трубопроводы, фундаменты, инженерные сети. Основными достоинствами георадара являются следующие: невидимая глазу инфраструктура становится доступной для анализа; минимальная необходимость раскопок для проверки наличия подземных объектов; определение глубины залегания коммуникаций и других структур.

5. Спектральная камера — работает в определенных диапазонах спектра света, невидимых человеческому глазу, и позволяет распознавать типы почв, растений и других природных объектов, помогая составить карту биоразнообразия или провести исследование загрязнений. Особенности спектральной съемки являются: детализированная классификация типов грунтов и пород деревьев; выявление изменений в окружающей среде, вызванных загрязнением; быстрое обнаружение токсичных веществ и химикатов на участке.

Каждый из представленных цифровых инструментов решает конкретные задачи, однако они дополняют друг друга. Современные системы управления позволяют комбинировать различные датчики и приборы, собирая комплексную информацию о состоянии площадки. Эти инструменты повышают качество предварительного исследования, снижают затраты на подготовку территории и обеспечивают безопасность рабочих и инженерно-технических работников.

Полученные снимки обрабатываются специальными алгоритмами фотограмметрии, создавая детализированные ортофотоплан и цифровую модель рельефа, которая служит основой для последующих этапов расчистки территории.

Результаты

На рис. 1 приведена схема интеграции и взаимосвязи ГИС- и БПЛА-технологий с целью создания цифровой модели рельефа (ЦМР (DEM)), необходимой для расчистки строительной площадки.



Рис. 1. Взаимосвязь некоторых составляющих частей ТИМ, необходимых для создания ЦМР строительной площадки (составлено авторами)

Как видно из рис. 1, между этапами 3 и 1 существует обратная связь, что означает необходимость своевременной коррекции (сбора информации) данных для создания ЦМР (DEM). Для этого требуются периодические полеты

БПЛА, у которых есть значительное преимущество перед спутниковыми методами съемки в плане обеспечения актуальности и точности ГИС-карт. БПЛА-технология решает ключевые недостатки, присущие традиционным методам спутниковой съемки.

Актуальность данных (состояние, виды, характеристики разрабатываемого грунта, виды растительности (в том числе деревья, кустарники) на строительной площадке, глубина их корней, состояние других объектов на строительной площадке) позволяет правильно выбирать необходимую технику для расчистки, переноса и пересадки в другое место деревьев и кустарников, разработки грунта и т. д.

Несмотря на то, что строительные земляные работы, выполняемые на строительной площадке, относятся к наиболее механизированным работам, очень часто приходится выполнять незначительную часть работ в труднодоступных местах, вблизи инженерных коммуникаций и т. д. лопатами, нередко применяются ломы для разрыхления плотных и твердых грунтов.

В то же время известно, что применение ручных инструментов малоэффективно, так как требует больших физических усилий рабочих и связано с низкой производительностью труда. С целью устранения указанных и других недостатков разработан и запатентован, в том числе авторами данной работы, ряд многофункциональных инструментов (совковых лопат) [20—22], использование которых позволяет повысить производительность труда рабочего за счет снижения трудоемкости выполняемых работ по расчистке внутриплощадочной территории при строительстве и реконструкции объектов недвижимости, эксплуатационную надежность ручного инструмента, а также уменьшить физическую нагрузку.

На рис. 2 представлены совки усовершенствованных лопат, к лезвиям которых приварены (прикреплены) детали в виде зубьев, заостренных штырей и шнека с целью уменьшения сопротивления грунта при его разработке.

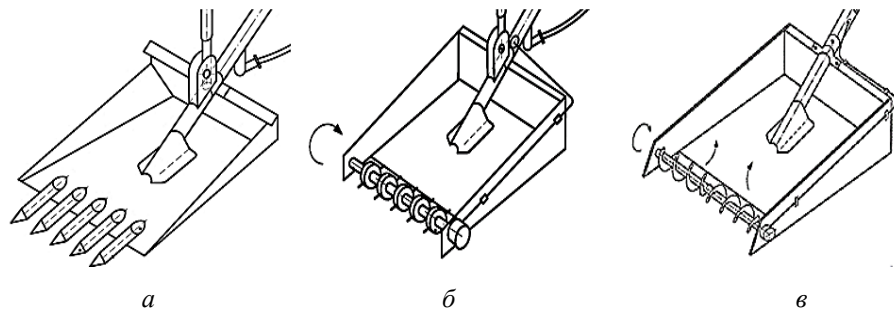


Рис. 2. Внешний вид совка лопаты с дополнительными деталями для разрыхления грунта (из ранее приведенных патентов авторов):
а — совок с зубьями; *б* — совок с заостренными штырями; *в* — совок со шнеком

На рис. 2, *а* представлен совок лопаты с лезвием, снабженным зубьями, выполненными в виде приваренных к плоскости совка штырей с заостренными свободными концами, основное назначение которых — углубляться в уплотненный или каменистый грунт и разрыхлять его, при этом лезвие без сопротивления также проникает в грунт, и совок наполняется разрабатываемым грунтом.

На рис. 2, б представлена совковая лопата, состоящая из совка с лезвием с заостренными штырями, радиально расположенными на дисках, жестко зафиксированных на оси, с возможностью вращения от электродвигателя.

Лезвие совка лопаты на рис. 2, в снабжено разрыхляющим элементом, выполненным в виде шнека с двумя направлениями спирали на одном валу. Вал установлен в передней части лопаты, на боковых бортиках совка перед лезвием, также с возможностью вращения от электродвигателя.

Несмотря на преимущества рассмотренных и других запатентованных лопат, практика показывает, что при расчистке строительной площадки подобные лопаты не применяются, так как существует ряд ограничений, связанных со сложностью рельефа и близкорасположенными инженерными коммуникациями; некоторые из этих ограничений присущи и электрическим экскаваторам [23]. Авторы статьи [23] для решения проблем, связанных с безопасностью и эффективностью работы электрических мини-экскаваторов, разработали экспериментальную платформу для исследования и тестирования интеллектуальных технологий на основе применения систем распознавания окружающей среды, т. е. вышеприведенных цифровых инструментов (лазерных камер, сканеров (LiDAR) и др.). В статье совокупность цифровых инструментов представлена как «система интеллектуального распознавания окружающей среды», эффективность применения которой авторами была доказана в ходе многочисленных экспериментов.

Так как применение современных технологий информационного моделирования позволяет создавать беспилотные средства механизации [24], по их аналогии можно разрабатывать и многофункциональные роботизированные совковые лопаты для расчистки строительной площадки.

Потенциал ИИ в сочетании с перспективными методами машинного обучения (МО) в настоящее время многими учеными рассматривается в качестве движущей силы развития в области как фундаментальных [25—27], так и прикладных наук, в том числе с точки зрения создания новых беспилотных технических средств. Поскольку у ИИ существуют реальные возможности использования технологий информационного моделирования, попробуем смоделировать с его помощью лопату-разрыхлитель.

Итак, с помощью нейросети было смоделировано несколько видов беспилотных лопат-разрыхлителей (рис. 3).



Рис. 3. Внешний вид лопат-разрыхлителей для расчистки строительной площадки (создано с помощью ИИ): а — совок с зубьями; б — совок с острым лезвием и разрыхляющим устройством на видимой поверхности; в — лопата-разрыхлитель для разрыхления и перемещения грунта на автономном ходу или с помощью оператора; г — лопата-разрыхлитель для разрыхления грунта и разравнивания места разработки

Отметим, что на рис. 3 представлен первоначальный, созданный с помощью нейросети, вид лопат-разрыхлителей, оборудованных необходимыми цифровыми инструментами для автоматического определения координат местности, объемов разработки и перемещения грунта. Дополнительные корректировки (также с помощью нейросети) некоторых характеристик лопат-разрыхлителей позволяют максимально приблизиться к желаемому результату. Однако самые усовершенствованные варианты приведенных на рис. 3 лопат-разрыхлителей (в статье не представлены по этическим соображениям) не могут быть произведены после экспертизы специалистами, т. е. естественным интеллектом.

Обсуждение

Преимущества роботизированных лопат-разрыхлителей заключаются не только в снижении трудозатрат за счет точного позиционирования и контроля силы нажатия для минимизации физической нагрузки работающего и ускорения процесса уборки, но и в ряде других мероприятий: благодаря встроенным сенсорам и компьютерному зрению роботизированные лопаты могут точно измерять глубину погружения, угол поворота и скорость движения, обеспечивая максимальную точность обработки грунта; также преимущества заключаются в дистанционном управлении инструментами; интеграции с другими системами, позволяющими автоматически определять состояние почвы, объем выполненных работ и другие показатели, т. е. в упрощении контроля качества и своевременном принятии управленческих решений.

Эколого-энергетическая эффективность роботизированных лопат-разрыхлителей достигается за счет снижения потребления топлива и выбросов вредных веществ. Использование возобновляемых источников энергии могло бы сделать эксплуатацию роботизированных лопат экологически чистой и устойчивой.

Однако на сегодняшний день полноценного роботизированного аналога традиционной совковой лопаты не существует, и разработка такого инструмента сталкивается с рядом проблем, включая высокую стоимость, безопасность и отсутствие ощутимых преимуществ перед традиционным решением.

Как отмечается в [28], «несмотря на преимущества приложений ИИ, в строительной отрасли по-прежнему существует множество проблем, связанных с ИИ». На основе анализа более 140 научных публикаций авторами [28] выявлены возможности и проблемы, связанные с применением ИИ в строительной отрасли, передовые способы реализации преимуществ ИИ в строительной отрасли.

Заключение

Повышение эффективности расчистки строительной площадки возможно благодаря использованию современных технологий информационного моделирования и специализированных инструментов. Ключевым направлением, позволяющим значительно ускорить процесс и сделать его более качественным, является автоматизация выполнения технологических процессов на основе применения цифровой модели местности.

Совместное применение GPS-, ГИС- и дрон-технологий позволяет создать реальную цифровую модель местности, значительно ускоряет подготовку строительных площадок, повышает точность проектирования и снижает риски ошибок. Этот подход минимизируют затраты ресурсов и времени, обеспечивая высокую эффективность процесса расчистки и других подготовительных мероприятий на строительной площадке.

Применение нейросетей для разработки и создания роботизированных технических средств для любой отрасли экономики, в том числе строительной, необходимо рассматривать с точки зрения сбора различной информации и первоначального их моделирования. Созданные с помощью нейросетей автоматизированные и роботизированные специальные инструменты для расчистки строительной площадки должны обязательно проходить многоэтапную экспертизу специалистами. Несмотря на то, что концепция создания роботизированных лопат-разрыхлителей имеет значительный потенциал, реализация этой идеи требует комплексного подхода и учета множества факторов, влияющих на успех внедрения инновационных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матуа В. П., Мирончук С. А., Исаев Е. Н. Применение датчика WaterScout Sm 100 для мониторинга влажности грунта земляного полотна // Вестн. ТГАСУ. 2017. № 5. С. 192—199.
2. Соловьев Д. А., Бакиров С. М., Колганов Д. А., Абзалов М. А. Обоснование формы датчика послышного контроля влажности почвы // Аграр. науч. журн. 2024. № 4. С. 142—149. URL: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i4pp142-149>.
3. Сазонова С. А., Румянцев С. Д. Применение экспресс-методов для определения характеристик насыпных грунтов // Вестн. ПНИПУ. Стр-во и архитектура. 2017. Т. 8. № 3. С. 113—120. URL: <http://dx.doi.org/10.15593/2224-9826/2017.3.13>.
4. Ничепоренко И. С. Датчики плотности материала (устройство и методика измерения плотности) // Вологодские чтения. 2008. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/datchiki-plotnosti-materiala-ustroystvo-i-metodika-izmereniya-plotnosti-1>.
5. Рогова Н. С. Применение неметрических цифровых камер для контроля объемов перемещенного грунта при выполнении земляных работ на строительных площадках // Инвестиции и инновации. 2018. № 4. С. 356—359.
6. Мирджалалов Н. Т., Жораев А. Ю. Методика применения и использования технологий GPS для дронов при создании карт // Экономика и социум. 2023. № 12-1(115). С. 1248—1254.
7. Шагина Е. С. Роботизация как метод повышения безопасности строительного производства // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6(21). С. 128—147.
8. Хоцеловский С. Е. Внедрение робототехнических систем в строительстве // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта — 2020 : сб. ст. Екатеринбург, 2021. С. 226—227.
9. Верейкин А. А. Практическое применение экзоскелетов в промышленности и строительстве. URL: https://str-t.ru/reports/19/part_1.
10. Промышленные экзоскелеты: обзор и тенденции развития / А. В. Лопота, Н. В. Павлов, В. В. Варлашин, В. В. Агалаков, О. А. Шамаков // Робототехника и техническая кибернетика. 2024. № 12(4). С. 245—252.
11. Ульбиева И. С., Торшкоев М. Б. Робототехника в строительстве // Научный лидер. 2023. № 4(102). URL: <https://scilead.ru/article/3964-robototekhnika-v-stroitelstve>.
12. Артеменко М. Н., Корчагин П. А., Тетерина И. А. Тенденции развития мобильных беспилотных роботизированных комплексов. Опыт отечественных и зарубежных производителей // Вестн. СибАДИ. 2019. Вып. 16(4). С. 416—430. URL: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-4-416-430>.
13. Sobotka A., Pacewicz K. Mechanization and automation technologies development in work at construction sites // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 251. Art. no. 012046. URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/251/1/012046>.
14. Sobotka A., Pacewicz K. Building site organization with 3D technology in use // Procedia Engineering. 2016. Vol. 161. Pp. 407—413.
15. Исследование эффективности применения дрон-технологий как основы информационного моделирования жизненного цикла строительных систем / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, О. В. Оганесян, А. О. Бурлаченко, В. И. Карапузов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 162—170.
16. Бурлаченко О. В., Абрамян С. Г., Фоменко Н. А., Бурлаченко А. О. Технологические решения по применению беспилотных летательных аппаратов в управлении жизненным циклом строительных объектов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2025. Вып. 1(98). С. 197—205.

17. *Габдуллин Т. Р., Загретдинов Р. В.* Повышение производительности систем управления дорожно-строительной техникой при использовании систем глобального спутникового позиционирования // Изв. КГАСУ. 2013. № 4(26). С. 397—402.
18. *Корецкая Г. А., Антонова Ж. Н., Мешков К. А.* Опыт применения спутниковой аппаратуры для геодезической разбивочной основы // Современные тенденции и инновации в науке и производстве : X Междунар. науч.-практ. конф., 22 апр. 2021. С. 142-1—142-5. URL: https://kuzstu.su/dmdocuments/INPK/10INPK_Sbornic-2021/pages/Секция%201/142.pdf.
19. *Тихонов А. Ф.* Автоматизация управления рабочим механизмом автогрейдера с применением спутниковой навигационной системы GPS «Глонасс» // Механизация строительства. 2014. № 12. С. 33—35. URL: <https://rucont.ru/efd/527349>.
20. Совковая лопата : пат. 229 451(13) U1. Рос. Федерация : МПК А01В 1/02 (2006.01) А01В 1/04 (2006.01) / Фоменко Н. А., Абрамян С. Г., Вовко В. В., Оганесян О. В., Симак В. С., Фоменко В. Н. ; № 2024120599 ; заявл. 22.07.2024 ; опубл. 07.10.2024, Бюл. № 28. 7 с.
21. Совковая лопата : пат. 231 698(13) U1. Рос. Федерация : МПК А01В 1/02 (2006.01) / Фоменко Н. А., Абрамян С. Г., Оганесян О. В., Фоменко В. Н., Симак В. С. ; № 2024138821 ; заявл. 23.12.2024 ; опубл. 06.02.2025, Бюл. № 4. 6 с.
22. Совковая лопата : пат. 231 724(13) U1. Рос. Федерация : МПК А01В 1/02 (2006.01) / Фоменко Н. А., Абрамян С. Г., Кожевников К. Е., Фоменко В. Н., Оганесян О. В., Асрян Т. Ш. ; № 2024138825 ; заявл. 23.12.2024 ; опубл. 06.02.2025, Бюл. № 4. 5 с.
23. A multi-sensor environmental perception system for an automatic electric shovel platform / X. Li, C. Liu, L. Jingmin, M. Baghdadi, Y. Liu // *Sensors*. 2021. Vol. 21. No. 13. P. 4355.
24. *Tianci Zhang, Tao Fu, Xueguan Song, Fuzheng Qu.* Multi-objective excavation trajectory optimization for unmanned electric shovels based on pseudospectral method // *Automation in Construction*. 2022. Vol. 136. Art. no. 104176. URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104176>.
25. Artificial intelligence: a powerful paradigm for scientific research / Yongjun Xu, Xin Liu, Xin Cao et al. // *The Innovation*. 2021. Vol. 2(4). Art. no. 100179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100179>.
26. *Sacks R., Girolami M., Brilakis I.* Building information modelling, artificial intelligence and construction tech // *Developments in the Built Environment*. 2020. Vol. 4. Art. no. 100011. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011>.
27. *Attia A. R.* The impact of integrating artificial intelligence and Building information modeling (BIM) systems on the development of construction methodologies // *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*. 2025. Vol. 16. Pp. 1537—1554. URL: <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00193-2>.
28. Artificial intelligence in the construction industry: a review of present status, opportunities and future challenges / S. O. Abioye et al. // *Journal of Building Engineering*. 2021. Vol. 44. Art. no. 103299. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103299>.

© Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Оганесян О. В., Асрян Т. Ш., 2026

Поступила в редакцию
17.01.2026

Ссылка для цитирования:

Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Оганесян О. В., Асрян Т. Ш. Повышение эффективности подготовки строительной площадки на основе применения информационных технологий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2026. Вып. 1(102). С. 141—151. DOI: 10.35211/18154360_2026_1_141.

Об авторах:

Абрамян Сусанна Грантовна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; susannagrants@mail.ru

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; burlachenkoov@vgasu.ru

Оганесян Оганес Валерьевич — исследователь, начальник Павелецкого вокзала Московской дирекции железнодорожных вокзалов — филиала ОАО «РЖД». Российская Федерация, 115054, г. Москва, Павелецкая пл., 1а; ogoganesyan@mail.ru

Асрян Татев Ширазовна — магистрант каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, asryantatev99@mail.ru

Susanna G. Abramyan^a, Oleg V. Burlachenko^a, Oganess V. Oganessian^b, Tatev Sh. Asryan^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD")*

CONSTRUCTION SITE CLEARANCE BASED ON BUILDING INFORMATION MODELLING TECHNOLOGIES

The authors discuss the prospect of utilizing automated and robotized systems for construction site clearance. It is noted that an efficient performance of on-site preparatory works is achieved by implementing automated processes, geodetic and cartographic technologies, robotized construction machines, and information systems for life cycle management. Based on the analysis of research literature, the necessary digital tools are identified (laser cameras, laser and spectral scanners, thermal cameras, ground-penetrating radars) that solve specific tasks and, by complimenting each other, also improve the preliminary survey quality, thus reducing the cost of site preparation.

The authors further underline the importance of using a global positioning system (GPS, GLONASS), drones, geographic information systems (GIS) to allow precisely defining the site boundaries, analyzing the topography, and planning the layout. The integration and interaction solution is provided for GIS and UAS technologies with a view to creating a digital terrain model (DTM) necessary for clearing up a construction site.

The use of handheld tools (e. g., a shovel) is argued to be largely inefficient, while still considered necessary in hard-to-reach places. The paper presents patented shovels with blades equipped with certain additional parts, such as teeth, pointed pins, and an auger, which help conveniently loosen up hard soils. Besides, two out of the three shovel types presented are provided with a small-scale electric motor to maximize the performance efficiency. The shovels discussed prefigure robotized shovels modelled with the use of a neural network and fitted out with digital tools capturing local geographic points and determining the scope of earthwork and the volume of earth moved and levelled. A point is made that special tools designed for construction site clearance using a neural network must always be subject to a multistage expert appraisal.

Key words: GIS-technologies, UAS-technologies, digital tools, ripper shovels, artificial intelligence.

For citation:

Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganessian O. V., Asryan T. Sh. [Construction site clearance based on building information modelling technologies]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2026, iss. 1, pp. 141—151. DOI: 10.35211/18154360_2026_1_141.

About authors:

Susanna G. Abramyan — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; susannagr@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3938-1096; Scopus ID: 6508040964; Researcher ID: C-7099-2016

Oleg V. Burlachenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; burlachenkoov@vgasu.ru; ORCID: 0000-0003-1477-2709

Oganess V. Oganessian — Researcher, Chief, Paveletsky Station, Regional Rail Station Directorate, Moscow Branch of Russian Railways (JSCo "RZD"). 1a, Paveletskaya sq., Moscow, 115054, Russian Federation; ogoganessian@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2050-2302

Tatev Sh. Asryan — Master's student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; asryantatev99@mail.ru; ORCID: 0009-0004-1764-8222