

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 666.9.04

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Бышкин Егор Алексеевич, студент, направление подготовки 08.03.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: byshkin2003@mail.ru

Научный руководитель: **Таурит Елена Борисовна**, старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и строительных материалов, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: ztaurit@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрено автоматизирование рабочих процессов при возведении земляного полотна на автомобильных дорогах общего пользования. Внедрение автоматизации и робототехники в рабочие процессы, как показала практика, позволяет уменьшить затраты денежных, временных, минеральных и строительных ресурсов, а также уменьшить затраты людских ресурсов на производство данных работ. При этом можно значительно увеличить работоспособность техники, улучшить конечный результат производимых работ, а, следовательно, уменьшить количество или же полностью избавиться от переделок и ошибок, которые могут возникнуть при возведении земляного полотна в результате человеческого фактора.

Ключевые слова: автоматизация, улучшение работ, уменьшение затрат, земельное полотно, новые технологии, автомобильная дорога.

Для цитирования: Бышкин Е. А. Автоматизация рабочих процессов при возведении земляного полотна // Шаг в науку. – 2025. – № 4. – С. 11–14.

AUTOMATION OF WORK PROCESSES DURING THE CONSTRUCTION OF THE ROADBED

Byshkin Egor Alekseevich, student, training program 08.03.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: byshkin2003@mail.ru

Research advisor: **Taurit Elena Borisovna**, Senior Lecturer of the Department of Highways and Building Materials, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: ztayrit@rambler.ru

Abstract. This article examines the automation of work processes during roadbed construction on public highways. The introduction of automation and robotics into work processes has been shown to reduce the costs of money, time, minerals, and construction resources, as well as human resources. This significantly increases equipment efficiency, improves the final result, and, consequently, reduces or completely eliminates rework and errors that can occur during roadbed construction due to human error.

Key words: automation, work improvement, cost reduction, roadbed, new technologies, highway.

Cite as: Byshkin, E. A. (2025) [Automation of work processes during the construction of the roadbed]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 11–14.

Введение. Понятие автоматизации рабочих процессов

Развитие технологий не стоит на месте. Инновации широко применяются и в дорожной отрасли.

Автоматизация рабочих процессов при возведении земляного полотна – это использование средств автоматизации, телемеханики и вычислительной техники для управления машинами и контроля выполнения рабочих операций. Цель – повысить производительность труда, улучшить качество работ и снизить затраты энергии.

Характерными отличиями автоматизации является использование робототехники и устройств, позволяющих автоматизировать рабочие процессы, улучшая при этом конечный результат и уменьшая затраты, которые неизменно сопутствуют при любых работах данного вида.

Автоматизация может быть полной и частичной.

Полная автоматизация – весь технологический процесс выполняется и управляется приборами по заранее разработанной программе, роль человека – настройка и наблюдение за работой приборов.

Частичная автоматизация – управление технологическими процессами осуществляет человек [3]¹.

Применение автоматизации при возведении земляного полотна регламентировано, например: СТО НОСТРОЙ 2.25.23-2011 – стандарт Национального объединения строителей, устанавливает правила выполнения земляных работ при сооружении земляного полотна автомобильных дорог с использованием средств механизации, включая автоматизацию [1; 5]².

Технология производства работ по возведению земляного полотна

СТО НОСТРОЙ 2.25.23-2011 «Строительство земляного полотна автомобильных дорог». Часть 1 «Механизация земляных работ при сооружении земляного полотна автомобильных дорог» регламентирует строгую последовательность возведения земляного полотна на автомобильных дорогах.

В технологии строго выстроена система производимых работ в определённой последовательности [1; 4]^{3, 4}.

Первый этап – подготовительные работы. Они выполняются определённым видом техники. Такой тех-

никой являются бульдозеры, которые своим рабочим органом (отвалом) срезают верхний растительный слой, также эти машины применяют в последующих работах для разравнивания грунта по площади будущего земляного полотна автомобильной дороги.

Вторыми и самыми важными работами, без которых невозможно остальное производство, является добыча грунта в карьере при помощи экскаватора, а также погрузка, подвозка, и разгрузка данного материала самосвалами на месте проведения работ.

При выполнении этих работ требуется учесть логистический фактор, поскольку правильно выбранный маршрут, техника, время подхода и загрузки существенно уменьшают затраты по времени, которое при строительстве играет немалую роль.

Следующими – третьим этапом работ является послойное разравнивание привезённого грунта с использованными ранее бульдозерами или автогрейдером, а также увлажнение всей площади полотна с помощью автоцистерн для эффективного последующего уплотнения, так как при достаточной влажности грунта легче уплотняются, что является главным фактором прочности и устойчивости самого земляного полотна.

Послойное разравнивание грунта, в нашем случае, производят именно бульдозеры. Проведем сравнение двух механизмов бульдозера и автогрейдера, их рабочих органов, мощностей, а также шасси, на которые установлены данные машины. Сравнение начнем с рабочих органов – это отвалы. У бульдозера он значительно больше по площади и по объему, чем у автогрейдера, что позволяет захватывать больше грунта за один заход. Характеристика мощностей двигателей машин зависит от мощности двигателя, применяем тяжёлый бульдозер с мощностью двигателя 225 кВт и тяжёлый автогрейдер ДЗ-98 с мощностью от 169 кВт. Из этих данных можно сделать вывод о том, что бульдозеру с такой мощностью будет намного проще передвинуть массу грунта, чем автогрейдеру.

Сравним шасси, которое использует данная техника. Автогрейдер использует колёсную базу 3×3, что хорошо подходит для уплотнённого грунта или асфальтобетона при очистке в зимний период от снега. Колеса имеют меньшую проходимость по рыхлым

¹ Справочник дорожного мастера: строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог: учебно-практическое пособие. – М. : Инфра-Инженерия, 2005. – 924 с.

² ГОСТ Р 59120-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования. – М. : Стандартинформ, 2021. – 20 с.

³ ГОСТ 32960-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. – М. : Стандартинформ, 2019. – 6 с

⁴ Оденбах И. А., Таурит Е. Б. Управление работой автомобильных дорог: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 202 с.

материалам, что является проблемой по сравнению с гусеничным ходом бульдозера или экскаватора. Зубцы на гусеницах, погружаясь в грунт или иные рыхлые материалы, создают сцепление, что позволяет передвигаться в данных условиях местности, не теряя подвижности и не застревая.

Четвертым этапом работ является уплотнение. На этом этапе используется техника для уплотнения уже увлажнённого ранее грунта – дорожные катки нескольких видов: кулачковые, пневмоколесные, гладко вальцовые с виброуплотнением. В рассматриваемой технологии предлагается использовать катки пневмоколесные и гладко вальцовые с виброуплотнением. Уплотнение производится от края бровки со смещением в центр, также необходимо учитывать количество проходов.

Завершающим этапом является профилирование земляного полотна и откосов. Этот вид работ, в нашем случае, будет выполнять автогрейдер с помощью отвала, который называют ножом, установленным под машиной в центре. Данный рабочий орган может работать в положении до 30 градусов, снимая лишний слой грунта и формируя идеальные профили у поверхности полотна и его откосов [2]^{5, 6}.

Применение системы 3D ГНСС

Рассмотрим применение системы 3D ГНСС при возведении земляного полотна на автомобильных дорогах с учетом этапов производства работ и применяемой техники для выполнения технологических процессов.

Проанализируем, как повлияет система 3D ГНСС на работу машин на всех этапах, и какие преимущества можно получить в ходе её использования.

Бульдозер применяется для срезки растительного слоя и послойного разравнивания привезённого из карьера грунта. Для того чтобы автоматизировать работу этой машины используется 3D MC – X MAX система, это та же ГНСС система, но уже без использования специальных мачт с антеннами, которые принимали спутниковый сигнал. За счет чего не происходит уменьшения обзора машиниста. Помимо самой системы на технику требуется установить инерциальный датчик TS – i4, который отслеживает положение отвала и в случае отклонения корректирует его. Также установить электромагнитный клапан для подачи необходимого давления на рабочие органы машины, ра-

диоантенну, служащую для приема поправок от базовой станции. Спутниковые антенны GR – i3, которые принимают сигналы со всех ближайших спутников, блок управления MC – X3, который обрабатывает все полученные данные и отправляет их на панель управления GX – 55. Через установленное оборудование машинист может следить за всеми показателями машины и вносить корректировки. Именно в эту панель загружается цифровой план, по которому работает техника с этой системой.

Экскаватор применяется для выработки грунта в карьере, но может применяться и для создания сложных откосов и рытья траншей. Оборудование и датчики на нем такие же, как и на бульдозере. Исключение составляет блок управления. Его заменяет небольшой контролер. На экскаватор устанавливается гироскоп, который контролирует положение техники на участках, находящихся под углом, предотвращая опасный крен и опрокидывание машины, посылая сигнал на панель управления машиниста-оператора, дополнительно установлены джойстики управления, с которых можно переключаться в режим автоматики. Автоматизация здесь заключается в том, что система контролирует угол атаки ковша, направление и длину стрелы, а также глубину выкапывания до той отметки, которая была предусмотрена цифровым планом.

Автосамосвалы – для данной техники, в нашем случае, установлены только камеры заднего, переднего и кругового вида. В настоящее время есть отечественные разработки и прототипы карьерных роботизированных самосвалов от компании КАМАЗ, такие как «Юпитер 30» и «Атлант 49». В будущем можно предположить о создании подобных прототипов с габаритами, которые будут соответствовать техническим показателям для использования их в сфере дорожного хозяйства. На их основе можно будет создать подвид данных машин для ещё одного процесса в формировании земельного полотна – увлажнение грунта [6]⁷.

Катки – у данной техники, как ранее было отмечено, существует большое количество подвидов. Для дорожных катков, используемых в применяемой технологии, в качестве автоматизации используется система 3D ГНСС, датчик уровня уплотнения и температурный датчик. Первый следит за тем, как уплотняется грунт и насколько сильно при проходе катка проседает грунт под ним, а второй датчик используется для отслеживания температуры смеси под вальцами машины.

⁵ СП 48.13330.2019 Организация строительства. – М. : Стандартинформ, 2020. – 62 с.

⁶ СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. – М., 2021. – 93 с.

⁷ Основы автоматизации работы грузоподъемных, строительных, дорожных машин и оборудования: учебное пособие / К. А. Аблязов [и др.]. – Новороссийск: ФГБОУ ВО «Государственный морской университет им. Ф. Ф. Ушакова», 2022. – 112 с.

Автогрейдер – это техника, которая тоже применяется для возведения земляного полотна. Машина сама по себе уникальная, с помощью неё можно выравнивать и планировать верх насыпи и откосы насыпи с уклоном в 30 градусов. Для неё используются две разные системы автоматизации, ранее упомянутая система 3D ГНСС и 2D System Five. В обеих системах датчики одни и те же: датчик служит для определения угла поворота отвала автогрейдера. Он стационарно крепится в месте прохождения вертикальной оси вращения отвала и не требует обслуживания. Основное назначение датчика – корректировать значение текущего поперечного уклона отвала, изменяющегося в зависимости от угла поворота относительно направления проектного поперечника. Датчик поперечного уклона служит для определения угла поперечного наклона отвала автогрейдера. Он стационарно крепится с тыльной стороны отвала в защищенном месте и не требует обслуживания. Датчик имеет светодиодную индикацию для оперативной диагностики состояния. Стандартно датчик работает в диапазоне ± 45 градусов. Датчик продольного уклона служит для определения угла наклона рамы автогрейдера в продольном направлении (вдоль оси движения). Он также является коммути-

рующим устройством для подключения остальных внешних датчиков. Датчик стационарно крепится на раму автогрейдера и не требует обслуживания. Основное назначение электромагнитного клапана – это подача необходимого давления на исполнительные органы машины с целью обеспечить их автоматическую работу.

Заключение

Автоматизация рабочих процессов машин имеет следующие преимущества:

- уменьшение времени на производство работ;
- уменьшение затрат ресурсов (топливо, строительные материалы, финансы);
- улучшение качества производства работ;
- сокращение участия человека в процессе строительства;
- уменьшение износа деталей, а также рабочих органов дорожной техники.

Подводя итог, можно сделать вывод, что уже в наше время в сфере дорожного хозяйства возможна автоматизация в производстве работ. Так как развитие технологий не стоит на месте, то возможно, что в недалёком будущем работу, в которой участвуют люди, будет выполнять роботизированная техника.

Литература

1. Оденбах И. А., Орехов С. А., Таурит Е. Б. Альтернативность в архитектурном проектировании мостов и путепроводов // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 2(105). – С. 76–82. – <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-9>.
2. Оденбах И. А., Орехов С. А., Таурит Е. Б. Экономическая оценка программ развития дорожного строительства в странах Евразийского континента // Modern Economy Success. – 2022. – № 3. – С. 192–195.
3. Оденбах И. А., Таурит Е. Б. Использование автоматизированных программ при проектировании автомобильных дорог // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 283–285.
4. Оденбах И. А., Таурит Е. Б., Макаева А. А. Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог // Восточно-Европейский научный журнал. – 2022. – № 1-3(77). – С. 33–36. – <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2022.3.77.253>.
5. Особенности проектирования автотранспортных сетей / И. А. Оденбах [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 2. – С. 621–624.
6. Odenbakh I. A., Taurit E. B. (2023) Highway lighting technologies. Trends in the development of science and Global challenges : Themed collection of papers from Foreign International Scientific Conference by HNRI «National development» in cooperation with AFP, Managua, 16 февраля 2023 года., Managua (Nicaragua), pp. 16–19. – <https://doi.org/10.37539/230216.2023.62.77.003>.

Статья поступила в редакцию: 24.04.2025; принята в печать: 13.10.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.