

С.Л. Беляев, Н.М. Овчинников, С.В. Калошина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,
Россия

Технологии дистанционного управления в строительстве

В данной статье рассмотрены способы реализации систем дистанционного управления на основных типах строительных машин, участвующих в процессе строительного производства, включая грузоподъемные краны, фронтальные одноковшовые погрузчики, бульдозеры и одноковшовые экскаваторы. Определено влияние систем дистанционного управления на общий уровень автоматизации процессов, протекающих на строительной площадке и их основные качественные характеристики, такие как безопасность, производительность и экономичность. Выделены основные направления развития дистанционно управляемой техники, перспективы ее применения в строительстве и иных инженерных мероприятиях, а также отмечены ближайшие задачи стоящие перед наукой, решение которых будут служить основой для более глубокой автоматизации и роботизации технических средств и комплексов, используемых человеком в процессе создания строительной продукции.

Ключевые слова: дистанционное управление, автоматизация, строительное производство, грузоподъемные машины, землеройные машины, транспортные машины, самоходные краны, бульдозеры, экскаваторы, мини-погрузчики.

S.L. Belyaev, N.M. Ovchinnikov, S.V. Kaloshina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Remote control technology.

The article deals with different ways of the implementation of the remote control system of the main types of construction machines involved in a process of the construction production, including erecting cranes, front-discharging tractor shovels, push-type scrapers and crane-type excavators. An influence of the remote-control system on the overall automation level of the processes taking place on a construction site and such qualitative features as safety, productivity and efficiency was determined. The article touches upon the issue of main development trends of the remote-controlled equipment and perspectives of its use in the process of construction and other engineering activities. Immediate objectives facing science, which will serve as the basis for better automation and robotization of the technical means and complexes used by people in the process of creation of building products, were also studied.

Key words: remote control, automation, construction production, lifting machines, excavating machines, transport machines, self-propelled cranes, push-type scrapers, excavators, mini loaders.

Конечной целью совершенствования технологии любого производственного процесса является получение наибольшей прибыли при минимальном ресурсопотреблении и наименьших экономических издержках, связанных с несовершенством технологического процесса. В строительстве, наиболее перспективным путем развития является все более широкое внедрение технологий автоматизации, одной из важных частей которой является разработка систем дистанционного управления (ДУ) строительной техникой.

В целях безопасности машинистов начали разработку радиосистем ДУ. Их активное применение началось около 15 лет назад, хотя первое появление датируют серединой 1980-х годов. Однако только сейчас, благодаря совокупному развитию радиотехники, программирования и электроники, начали производиться машины, весь производственный цикл которых может непрерывно контролироваться на расстоянии [1].

Скорость выполнения строительных процессов, а также их качество, в значительной степени зависят от производительности используемой строительной техники. Следовательно, одной из основных задач в рамках повышения оптимизации процесса строительного производства является такая организация условий проведения работ, при которой будут обеспечена максимальная реализация технических показателей, заложенных производителем в ту или иную машину. Одним из главных компонентов, обеспечивающих реализацию технического потенциала техники, является квалификация машиниста управляющего ей. Однако в современных реалиях, из-за длительного воздействия вибрационных нагрузок, возникающих при эксплуатации строительных машин, наиболее квалифицированные и опытные кадры часто имеют серьезные проблемы со здоровьем, что приводит к инвалидности для человека, и к значительным финансовым потерям для предприятия, вызванных необходимостью подготовки новых сотрудников. Применение систем ДУ позволяет решить эту проблему, благодаря возможности машиниста управлять техникой, находясь вне ее кабины, тем самым избегая пагубного влияния вибронагрузок [2].

Возможность оператора занимать для работы любую точку на строительной площадке, без жесткой привязки к местоположению машины, позволяет значительно повысить обзорность пространства, на котором выполняется та или иная операция, что ведет к повышению общего уровня безопасности проводимых работ, а также увеличению скорости и точности проводимых операций.

На рис. 1 приведена структурная схема систем дистанционного управления [3].

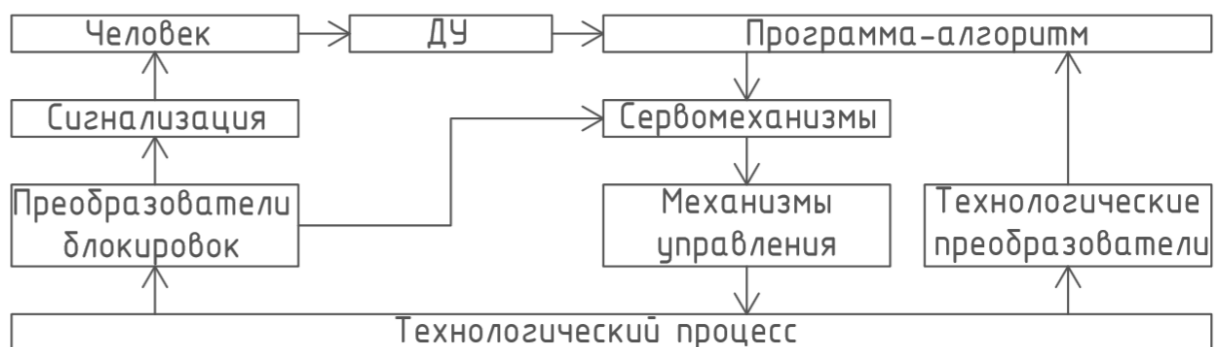


Рис. 1. Структурная схема систем дистанционного управления

Человек создает алгоритм, который управляет порядком выполняемых операций, а затем посредством ДУ управляет им. Если в процессе работы возникает какая-либо проблема, то оператор узнает об этом по включившейся сигнализации. Новой задачей человека является внесение изменений в программу. Технологический процесс будет окончательно завершён, когда алгоритм достигнет своего совершенства.

В состав любого устройства ДУ обязательно должны входить: аварийный выключатель и понятные для оператора символы, которые обозначают рабочие операции машины, а также предупреждающее устройство. Оно сообщает световыми или звуковыми сигналами окружающим людям о том, что техникой управляют дистанционно [4].

ДУ нашло свое применение в грузоподъемных, землеройных и транспортных машинах.

1. Системы дистанционного управления грузоподъемными машинами.

Самоходные краны. Современные технологии позволяют дистанционно контролировать все процессы рабочего цикла самоходных кранов на каждом этапе их работы.

На подготовительном этапе машинист, с помощью переносного контролера ДУ, на расстоянии может контролировать процесс установки выносных опор крана, а также управлять процессом его горизонтирования. От правильности выполнения этих составных этапов процесса установки крана в рабочее положение зависит общий уровень безопасности работ. Нередки случаи, когда из-за особенностей грунтовых условий площадки, а также неправильной установки крана в рабочее положение, во время работы машины случались ситуации, опасные для жизни и здоровья рабочих. Из-за невозможности машиниста, находящегося в кабине при ручном управлении техникой, оперативно среагировать на возникающую угрозу, повышается риск травматизма среди персонала и возникает угроза потери техники. При использовании крана на ДУ, машинист может контролировать всю совокупность внешних воздействий на кран, включая состояние площадки его установки, благодаря чему, в экстренных ситуациях может своевременно принять меры по их устранению.

Главным же преимуществом дистанционно управляемых грузоподъемных кранов над управляемыми вручную, является заметное повышение производительности на основном этапе монтажных работ, в процессе установки монтажных элементов в их проектное положение. Машинист, имея визуальный контакт с объектом работ, что не всегда возможно при ручном управлении из кабины крана, может самостоятельно, без сигнальщиков и за наиболее короткое время произвести установку сборных элементов с необходимой точностью, даже в стесненных условиях плотной застройки. Благодаря этому могут быть снижены требования к квалификации машиниста, а следовательно, и затраты на подготовку и содержание сотрудников. Общая продолжительность этапа монтажных работ может быть значительно сокращена, без каких либо потерь в качестве продукции, что ведет к сокращению времени работы машины, а следовательно, снижению затрат на горюче-смазочные материалы и аренду техники. Кроме того повышается и общий уровень безопасности рабочего процесса, благодаря исключению из рабочего цикла машины этапа взаимодействия машиниста с сигнальщиками и монтажниками - самого опасного и времязатратного процесса в цикле монтажных работ [5].

Чтобы повысить надежность машины и свести к минимуму время ее простоя вследствие неисправностей, многие крупные производители предусматривают в своей продукции двойное управление – привычное ручное и дистанционное. Данный ход позволяет также осуществлять непрерывную работу машины в специфичных условиях невозможности использования каналов радиопередачи, или при выходе из строя системы ДУ. Так, немецкая компания Liebherr разработала систему управления механизмами крана Liccon2, в программном обеспечении которой предусмотрена возможность ДУ всеми рабочими операциями крана на строительной площадке посредством выносного модуля Bluetooth terminal (BTT), передающего сигналы системе управления с помощью Bluetooth технологии.

Эта система установлена в том числе на самоходных кранах Liebherr LTM 1055-3.2 (рис. 2), оборудованным телескопической стрелой с вылетом до 46м и максимальной грузоподъемностью до 55 тонн [6].



Рис. 2. Самоходный кран Liebherr LTM 1055-3.2

В данной модели производитель предусмотрел два выносных контролера ВТТ, каждый из которых позволяет оператору дистанционно управлять одним из этапов работ. Первый, ВТТ for Set-up operations (рис. 3), контролирует процессы управления операциями установки крана в рабочее положение, т.е. процесс установки выносных опор и процесс горизонтирования (рис. 4), а также процесс приведения стрелы из транспортного положения в рабочее.



Рис. 3. Модуль ВТТ для операций установки машины в рабочее положение (ВТТ for Set-up operations)



Рис. 4. Установка выносных опор крана и его горизонтирование

Второй модуль ВТТ for complete crane operations (рис. 5), позволяет дистанционно управлять процессом перемещения грузов и установки сборных элементов в их проектное положение (рис. 6).



Рис. 5. Модуль ВТТ для управления процессом перемещения груза (BTT for complete crane operations)



Рис. 6. Дистанционное управление операцией подъема и опускания груза

Переход машины с ручного управления на дистанционное и обратно осуществляется путем использования специального интерфейса в программном обеспечении машины.

2. Системы дистанционного управления землеройными машинами.

Потребность в использовании землеройно-транспортных машин в специфичных и экстремальных условиях эксплуатации привела к разработке дистанционно управляемых бульдозеров и экскаваторов. Системы ДУ на этих машинах дают возможность производить работы без риска для операторов, благодаря вынесению рабочего места за пределы машины.

Опасные условия применения этих машин внесли и свои коррективы в требования, предъявляемые к системам ДУ. В данном случае, чтобы вывести машиниста из кабины техники без ущерба общей производительности машин, с помощью системы ДУ должны контролироваться абсолютно все технологические операции, включая управление движением и рабочими органами машины.

Бульдозеры. Широкое распространение ДУ техника получила в вооруженных силах разных государств. Передовой же страной в этом отношении стал Израиль. Именно там, в условиях шаткого мира и ограниченности человеческих ресурсов поняли, что главным капиталом любого государства являются его граждане. Ведь

время, затраченное на производство любой, даже самой сложной в техническом плане машины, будет несравнимо меньше времени, затраченного на подготовку специалиста, способного управлять ей.

Так, для осуществления строительных процессов в экстремальных условиях военных действий, инженерными войсками Армии обороны Израиля был разработан роботизированный бульдозер типа D9 (рис. 7). Машина оборудована видеокамерами и дистанционными силовыми приводами. Она может работать беспилотно или с водителем.



Рис. 7. Бульдозер D9 армии обороны Израиля

Благодаря возможности использования системы ДУ, пропадает угроза здоровью водителя при работе в опасных для жизни условиях, повышается мобильность и эффективность машины при работе в стеснённых условиях.

В 2008 году во время вторжения в сектор Газа при проведении операции "Литой свинец", с помощью роботов-бульдозеров были расчищены все заминированные дороги и демонтированы завалы и ограждения, оставленные палестинцами. Тем самым бронированная машина завоевала заслуженную славу. После завершения боевых действий, машина участвовала в демонтаже непригодных к дальнейшей эксплуатации зданий в районах бывших боевых действий. Беспилотный бульдозер снабжен дизельным двигателем мощностью 450 лошадиных сил и весит около 50 тонн. Рабочий орган – это отвал с рыхлителем. Вместимость отвала составляет 13,5 м³. Его ширина и высота соответственно равны 4310 и 1934 мм [7].

Экскаваторы. Применение систем ДУ на одноковшовых экскаваторах также обусловлено прежде всего необходимостью их применения в условиях, опасных для жизни и здоровья людей. Большинство разработок в данном направлении предназначено для военных целей, но встречаются и модели с исключительно гражданской направленностью. Однако, из-за того, что область их применения достаточно сильно ограничена, а условия их эксплуатации трудно предсказуемы, машиностроительные компании не разрабатывают серийные образцы экскаваторов на ДУ, а создают машину индивидуально для каждого требуемых условий эксплуатации.

Так поступила британская компания JCB, создав по заказу компании, занимающейся демонтажем и сносом зданий, одноковшовый экскаватор, все рабочие операции которого контролируются дистанционно (рис. 8.). Новинка спроектирована на базе двух серийных моделей компании. Основа нижней части модели была позаимствована у JCB JS220LC, а верхняя у JSB JS190. Масса экскаватора составляет 21000 кг, максимальная высота подъема рабочего органа составляет 8,7 м [8]. Использование ДУ на данной модели дает возможность оператору наиболее точно

производить демонтаж требуемых элементов, не подвергая риску жизнь оператора, а также не нарушая целостность соседних конструкций не подлежащих сносу.

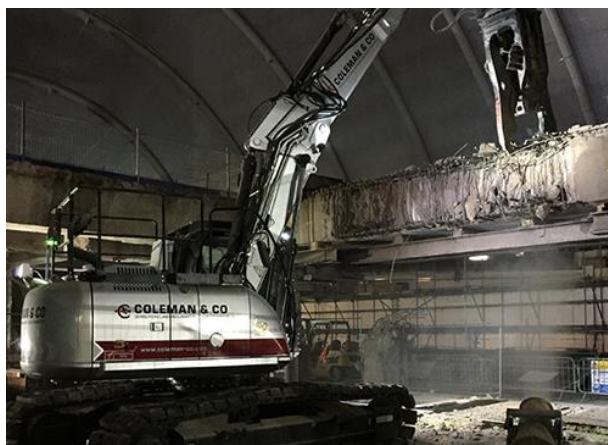


Рис. 8. Одноковшовый экскаватор JCB на дистанционном управлении

3. Системы дистанционного управления транспортными машинами.

Мини-погрузчики. Чтобы избежать ограничения функциональных возможностей машины, на них устанавливают системы ДУ, обеспечивающие полный контроль над всеми движениями техники. Это позволяет оператору дистанционно контролировать весь рабочий цикл погрузчика: погрузка груза, его транспортировка, его выгрузка в транспортное средство или на участок складирования. Техника на ДУ позволяет защитить операторов от обрушения на них элементов зданий при их сносе, выполнить поставленные задачи с особой точностью.

Наиболее часто в ДУ для погрузчиков реализуется с помощью установки в них специальной системы управления, предусматривающей возможность удаленного контроля.

Компания Caterpillar для погрузчиков линейки D Series (рис. 9) разработала систему RemoteTask [9].



Рис. 9. Погрузчик Caterpillar 287D

Ее особенностями являются возможность перемещения с одной машины на другую и высокая точность осуществления операций ДУ техникой с помощью специального портативного пульта управления (рис. 10). По мнению представителей компании Caterpillar, основное преимущество их панели – это отсутствие задержек выполнения команд, поступающих от оператора.



Рис. 10. Портативный пульт управления системы RemoteTask

Работа на системе RemoteTask проводится в пределах зоны видимости оператора, то есть примерно в радиусе трехсот метров от портативного пульта управления, масса которого составляет 4,5 кг.

Технические характеристики представленного беспилотного погрузчика ничем не отличаются от погрузчиков, управление которыми производят водители, так как для осуществления на них ДУ не требуется производство специальных моделей машин.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что развитие ДУ является одним из наиболее перспективных способов повышения эксплуатационных характеристик машин применяемых в строительстве. Основные направления решения технических проблем современного этапа развития этих систем:

- создание семейств мобильных робототехнических комплексов (МРК) с различными техническими параметрами и оснащение их элементами искусственного интеллекта;
- разработка высокоэффективных компоновочных решений базовых МРК различного назначения;
- создание элементной базы высокого технического уровня с целью реализации минимальных масс и габаритных размеров, в рамках как технологий проектирования, так и производства отдельных модулей;
- создание датчиков и блоков обработки информации на МРК;
- разработка и создание перспективных систем автоматического управления движением МРК по местности и др [10].

Применение систем ДУ позволит рационализировать многие составные этапы процесса строительного производства, повысить мобильность и эффективность машин, увеличить скорость и точность производимых операций, снизить утомляемость и травматизм работников, уменьшить численность персонала, непосредственно участвующего в работах и, следовательно, сократить экономические издержки.

Библиографический список

1. Романов В. Радиосистемы дистанционного управления в строительстве // Основные Средства. 2005. №11.
2. Дистанционно-автоматизированное управление машинами // Горная Промышленность. 2004. №4.

3. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. Учебник для строительных вузов. — М.: Высшая школа, 2001. С. 496.
4. ГОСТ 12.2.011-2012 ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные. Общие требования безопасности. С. 6.
5. Безопасное расстояние // Cranes & Access rus. 2008. №3. С. 32-35.
6. Инструкция по эксплуатации мобильного крана LTM 1055-3.2.
7. Cat | Техника и Услуги | Caterpillar [Электронный ресурс]. URL: http://www.cat.com/ru_RU.html.
8. Официальный сайт JCB – экскаваторы погрузчики: телескопические мини колесные. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jcb.ru>.
9. Шоповалов М. Caterpillar представила пульт для управления мини-погрузчиком. [Электронный ресурс]. URL: <http://avtomir.by/news/caterpillar-predstavila-pult-dlya-upravleniya-mini-pogruzchikom.html>.
10. Корсунский В.А. Дистанционно управляемые инженерные и дорожные машины. // Строительные и дорожные машины. 2015. № 5. С. 8-12.

References

1. Romanov V. Radiosistemy distantsionnogo upravleniia v stroitel'stve [Remote control radio systems in construction] // Osnovnye Sredstva. 2005. №11.
2. Distantsionno-avtomatizirovannoe upravlenie mashinami [Automated remote control of machines] // Gornaia Promyshlennost'. 2004. №4.
3. Dobronravov S.S., Dronov V.G. Stroitel'nye mashiny i osnovy avtomatizatsii. Uchebnik dlia stroitel'nykh vuzov. [Building machines and principles of automation. A manual for students of building universities] — М.: Vysshiaia shkola, 2001. S. 496.
4. GOST 12.2.011-2012 SSBT. Mashiny stroitel'nye, dorozhnye i zemleroinye. Obshchie trebovaniia bezopasnosti. [Building, road and excavating machines. General safety requirements] S. 6.
5. Bezopasnoe rasstoianie [Safe distance] // Cranes & Access rus. 2008. №3. S. 32-35.
6. Instruktssiia po ekspluatatsii mobil'nogo krana LTM 1055-3.2. [User manual to the mobile crane LTM 1055-3.2].
7. Cat | Tekhnika i Uslugi | Caterpillar [Elektronnyi resurs]. URL: http://www.cat.com/ru_RU.html.
8. Ofitsial'nyi sait JCB – ekskavatory pogruzchiki: teleskopicheskie mini kolesnye [JCB official site – loaders: skid steer loader]. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.jcb.ru>.
9. Shopovalov M. Caterpillar predstavila pul't dlia upravleniia mini-pogruzchikom. [Caterpillar presented remote control technology for steer skid loader] [Elektronnyi resurs]. URL: <http://avtomir.by/news/caterpillar-predstavila-pult-dlya-upravleniya-mini-pogruzchikom.html>.
10. Korsunskii V.A. Distantsionno upravliaemye inzhenernye i dorozhnye mashiny. // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. [Remote controlled engineer and road vehicles] 2015. № 5. S. 8-12.

Об авторах

Беляев Сергей Леонидович (Пермь, Российская Федерация) – студент, СТФ ПНИПУ(614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: OstArAg@mail.ru).

Овчинников Никита Михайлович (Пермь, Российская Федерация) – студент, СТФ ПНИПУ(614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: nikita-ovchinnikov-59@rambler.ru).

Калошина Светлана Валентиновна (Пермь, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ(614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: kaloshina82@mail.ru).

About the authors

Beljaev Sergej Leonidovich (Perm, Russian Federation) – student, STF Perm National Research Polytechnic University(614010, 109, Kuibysheva street, Perm, Russian Federation, e-mail: OstArAg@mail.ru).

Ovchinnikov Nikita Mihajlovich (Perm, Russian Federation) – student, STF Perm National Research Polytechnic University(614010, 109, Kuibysheva street, Perm, Russian Federation, e-mail: nikita-ovchinnikov-59@rambler.ru).

Kaloshina Svetlana Valentinovna (Perm, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, Department of Construction Operations and Geotechnics, Perm National Research Polytechnic University(614010, 109, Kuibysheva street, Perm, Russian Federation, e-mail: kaloshina82@mail.ru).