

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ТРАКТОРОМ (БУЛЬДОЗЕРОМ)

Щипцов М.А.

ООО «МИКОНТ», Чебоксары

Ключевые слова: трактор, бульдозер, дистанционное управление, роботизация.

Аннотация. В статье рассмотрены условия применения роботизированных и дистанционно-управляемых промышленных машин, а именно, гусеничных тракторов и бульдозерно-рыхлительных агрегатов на их основе, приведены примеры их реализации, рассмотрены и проанализированы основные технические решения, лежащие в основе создания дистанционно-управляемых бульдозеров, сделано заключение о дальнейших путях развития данного направления техники.

GENERAL TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF REMOTE CONTROL SYSTEMS FOR INDUSTRIAL TRACTORS (BULLDOZERS)

Schiptsov M.A.

«MIKONT» LLC, Cheboksary

Keywords: tractor, bulldozer, remote control, robotics.

Abstract. The article discusses the conditions for the use of robotic and remote-controlled industrial machines, namely, tracked tractors and bulldozer-ripping units based on them, provides examples of their implementation, considers and analyzes the main technical solutions underlying the creation of remote-controlled bulldozers, concludes on the further development of this area of technology.

Современный уровень развития электроники и интенсивное насыщение электронными средствами различных объектов промышленной техники открыли широкие возможности для реализации дистанционно управляемых и беспилотных машин. Особую нишу занимают промышленные тракторы и бульдозерно-рыхлительные агрегаты на их основе, применяемые на предприятиях добывающей и обрабатывающей промышленности. Актуальность внедрения беспилотных технологий на промышленных тракторах обусловлено ростом требований к безопасности и условиям труда операторов. Например, техника с дистанционным управлением применяется в местах техногенных катастроф, где существует значительный риск для оператора, находящегося в кабине промышленной машины, выполняющей работы на неустойчивом грунте [1] или в условиях воздействия других вредных факторов, таких как запыленность (особенно, если пыль содержит вредные для здоровья соединения), шум, вибрация, повышенная температура, загазованность и другие.

Говоря о беспилотных промышленных тракторах, следует различать дистанционно управляемую и роботизированную технику. Под роботизацией в отношении промышленных тракторов подразумевается придание трактору высокой автономности работы за счет применения группы сенсоров окружающей среды, таких как лидары, ультразвуковые и микроволновые датчики, видеокамеры и средства технического зрения [2]. Данные с сенсоров

обрабатываются высокопроизводительными бортовыми системами, благодаря чему трактор самостоятельно принимает решения по формированию технологической цепочки выполняемых операций, перемещению по рабочей площадке, управлению навесным оборудованием, распознаванию и обходу препятствий и т.п. Как правило, предполагается, что участие оператора в работе такой машины ограничивается формированием рабочих заданий и периодическим контролем ее технического состояния. Под дистанционным управлением в контексте данной статьи будем понимать совокупность технических средств, обеспечивающих удаленному оператору возможность полноценного управления машиной в таком объеме, какой был бы доступен для оператора, находящегося в кабине посредством беспроводной передачи команд от пульта управления к приемному устройству, установленному на машине [3].

Задача оснащения машины системой дистанционного управления может быть реализована со значительно меньшими затратами, нежели задача роботизации техники. Во-первых, роботизированные системы технически более сложны ввиду необходимости применения большого количества датчиков окружающей обстановки и состояния машины, а также совершенной быстродействующей вычислительной системы, обеспечивающей автономное решение технологических задач. Применительно к бульдозерной технике задача роботизации дополнительно усложняется тем, что бульдозер, как правило, движется по рельефу, который сам и формирует, для его автономного движения требуется непрерывная оценка окружающей обстановки и своевременная реакция со стороны системы управления. Так, по наблюдениям автора, сделанным в ходе полигонных испытаний гусеничных бульдозеров, а также в условиях реальной эксплуатации на участке по добыче песка, при работе на мягком грунте замедленная реакция на пробуксовку гусениц в течение нескольких секунд приведет к «посадке» трактора в колею, выбраться из которой самостоятельно он уже не сможет. Во-вторых, с учетом длительного срока службы трактора, круг его задач и место применения могут меняться. Для выполнения разовых работ система роботизированного управления может оказаться избыточной. В-третьих, система роботизированного управления требует особой квалификации оператора, и, очевидно, не может быть использована водителем-машинистом без специальной длительной подготовки. Кроме того, для формирования рабочих заданий по принципу управления цифровой моделью рельефа местности потребуется высокопроизводительная рабочая станция и широкий устойчивый беспроводной канал связи с трактором, что реализуемо далеко не всегда.

В подобных условиях оснащение серийных тракторов системой дистанционного управления может быть более эффективным решением, нежели обеспечение защиты оператора от вредных факторов окружающей среды и опасных условий местности, и менее затратным, чем применение роботизированных машин.

Рассмотрим ряд примеров реализации систем дистанционного управления промышленными тракторами. В основе современных систем дистанционного управления лежит, как правило, принцип передачи данных по радиоканалу, в качестве аппаратного обеспечения которого могут выступать как простые

радиомодемы, так и сложные приемопередатчики, реализующие стандартные защищенные помехоустойчивые протоколы. Наиболее перспективным на сегодняшний день считаются беспроводные сети 5G, широкое внедрение которых связывают с увеличением скорости обмена данными, что востребовано развитием технологий ИОТ [4]. Однако в условиях с низким уровнем развития коммуникационной инфраструктуры предпочтение стоит отдать более автономным системам, обеспечивающим надежную связь точка-точка между пультом дистанционного управления и трактором. Зачастую даже решения на основе локальной сети ретрансляторов могут приводить к возникновению задержки реакции техники на действия оператора, что значительно усложняет процесс управления, особенно в опасных условиях – на обрывах и склонах.

Одними из первых серийных тракторов, имеющих в качестве опции систему дистанционного управления, стали машины Caterpillar [5]. Сведения о применении техники с системой дистанционного управления относятся к 2011г. Система дистанционного управления унифицирована для всей линейки техники и объединена под торговой маркой Cat Command. Управление техникой осуществляется как с помощью переносного пульта, так и с рабочего места оператора, оснащенного системой видеонаблюдения.

Работы по созданию промышленных тракторов, оснащенных системой дистанционного управления, ведутся и в России [6].

В 2018г. компания ДСТ Урал представила трактор Т10, с системой дистанционного управления [7] Дальность уверенного приема такой системы до 300 метров. На пульте дистанционного управления расположены джойстики управления движением, навесным оборудованием, кнопка глушения двигателя. Емкость аккумулятора рассчитана на 8 часов непрерывной работы. Кроме того, компания реализовала управление трактором с помощью смартфона [8].

В 2018г. Компания ВИСТ-Групп совместно с ООО «ЧЕТРА» реализовала дистанционное управление бульдозером Т15 [9]. Трактор был оснащен видеокамерами и электронным блоком приема команд системы дистанционного управления. Само управление осуществлялось с оборудованного рабочего места в г. Москве. Несмотря на положительный, в целом, результат, проект не получил дальнейшего развития по ряду технических причин.

В 2021г. Компания ООО «ЧЕТРА» представила серийный трактор Т15.02, оснащенный системой дистанционного управления [10]. В отличие от предыдущего варианта, данный трактор был ориентирован на конкретного заказчика и в настоящее время проходит опытную эксплуатацию на одном из опасных участков.

В целом, реализация систем дистанционного управления с сохранением возможности управления из кабины на гусеничных машинах представляется более простой задачей, чем на колесных, где для управления поворотами требуется использовать более сложные системы [11].

Рассмотренные машины имеют общую черту, характерную для современной техники – управление двигателем, трансмиссией и навесным оборудованием осуществляется с помощью электронного блока управления [12]. Гидромеханическая трансмиссия тракторов Caterpillar и ЧЕТРА Т15, а также

гидростатическая трансмиссия трактора Т10 ДСТ УРАЛ управляются посредством электромагнитных клапанов, с помощью которых задаются режимы работы трансмиссии. Аналогично, с помощью многосекционных гидрораспределителей осуществляется управление навесным оборудованием. Данное решение является достаточно очевидным и обеспечивает возможность создания средств дистанционного управления, в основе которых лежит выполнение контроллером трансмиссии команд, поступающих от удаленного пульта управления по радиоканалу, принимаемых бортовым радиоприемным модулем и транслируемых в CAN-шину трактора. Таким образом, бортовое оборудование системы дистанционного управления сводится к приемопередатчику с CAN-выходом, который получает из цифровой шины трактора данные телеметрии и передает в цифровую шину трактора управляющие команды. Опционально, такое устройство может включать ряд дискретных выходов для управления отдельными устройствами – сигнальным маяком, фарами, силовыми цепями запуска и остановки двигателя, звуковым сигналом. Аналогичный подход описан в [13] и является вполне очевидным на нынешнем этапе развития бортовых электронных средств тракторов. Применение электронных блоков управления, способных воспринимать управляющие команды по CAN-шине представляется наиболее логичным применительно к задачам дистанционного управления и роботизации.

Обобщая вышесказанное можно сделать следующие выводы.

1. Роботизированные и дистанционно-управляемые промышленные тракторы уже востребованы рынком, они активно разрабатываются и внедряются, причем потребность в такой технике будет только расти [14].

2. Несмотря на ведущиеся работы по созданию роботизированной техники с элементами искусственного интеллекта, промышленные тракторы в традиционном исполнении с кабиной оператора в обозримом будущем по-прежнему останутся востребованы потребителями [15]. Перспективным направлением улучшения их эксплуатационных характеристик является адаптация бортовой системы управления трактора на основе контроллеров к установке системы дистанционного управления за счет внедрения в серийное программное обеспечение бортовых контроллеров тракторов дополнительных программных модулей, отвечающих за исполнение команд системы дистанционного управления, поступающих по цифровой шине данных.

3. Наиболее востребованным и универсальным решением в части организации беспроводного управления станут частные сети 5G, обеспечивающие высокую скорость и объем передачи информации.

В итоге, возможность использования систем дистанционного управления на новой технике перестанет носить характер эксклюзивного преимущества и станет элементом базовой комплектации вновь выпускаемых машин, что будет способствовать интенсивному развитию данной области техники.

Список литературы

1. В Соликамске возможно появление нового провала // Prime URL: https://primeru.net/life_news/9034-v-solikamske-vozmozhno-pojavlenie-novogo-provala.html

2. Национальный стандарт Российской Федерации "ГОСТ Р ИСО 8373- 2014. Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения" от 26 ноября 2014г. № 1863-ст. – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2015.
3. Межгосударственный стандарт "ГОСТ ISO 15817-2014. Машины землеройные. Требования безопасности к дистанционному управлению. Earth-moving machinery. Safety requirements for remote operator control systems" от 15 июня 2015г. № 688-СТ. – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2015.
4. Интернет вещей и 5G // Хабр. Блог компании Unet URL: <https://habr.com/ru/company/unet/blog/336936/>
5. COMMAND // Cat.com URL: https://www.cat.com/en_US/products/new/technology/command.html
6. Управляем техникой в карьерах на расстоянии. Обзор отечественных разработок // Экскаватор.ру Первый экскаваторный URL: https://exkavator.ru/mining/news/inf_news/142146_upravlyaem_tehnikoy_v_karerah_na_rasstoyanii_obzor_otechestvennih_razrabotok.html
7. Система дистанционного управления бульдозером // ДСТ УРАЛ URL: <http://tm10.ru/press-center/news/1426/>
8. Управлять дистанционно. Для бульдозеров ДСТ-Урал разработали мобильное приложение // Экскаватор.ру. Первый экскаваторный URL: https://exkavator.ru/main/news/inf_news/124534_upravlyat_distsionno_dlya_buldozerov_dst-ural_razrabotali_mobilnoe_prilogenie.html
9. Резидент «Сколково» успешно протестировал дистанционное управление бульдозером // Сколково URL: <https://sk.ru/news/rezident-solkovo-uspeshno-protestiroval-distancionnoe-upravlenie-buldozerom/>
10. ЧЕТРА выпустила на рынок бульдозер с дистанционным управлением // ЧЕТРА URL: <https://www.chetra.ru/press-center/news/3198/>
11. Mishin S.A. PID controller in the steering unit with the Ackermann principle / S.A. Mishin, S.A. Vasilyev, S.E. Limonov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – P. 12072. – DOI 10.1088/1757-899X/1047/1/012072.
12. Кириллов А.А. Электронная система управления двигателем и трансмиссией тракторов / А.А. Кириллов, М.А. Щипцов // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 10. – С.32-35.
13. Галышев Ю.В. Подсистема управления автоматизированной коробкой передач в системе управления движением беспилотного трактора / Ю.В. Галышев, Р.Ю. Добрецов, А.А. Красильников // Наука и инновации: векторы развития: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. В 2-х книгах, Барнаул, 24-25 октября 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 34-37.
14. Добывающие компании и роботизация (роботизация добычи) // RoboTrends URL: <https://robotrends.ru/robopedia/1711-dobyvayushie-kompanii-i-robotizaciya>
15. Роботизированная и дистанционно управляемая подземная техника: внедрение, эксплуатация, перспективы // Marketing From Timchenko URL: <https://stimchenko.ru/coffee-break/роботизированная-и-дистанционно-упр/>

Сведения об авторе:

Щипцов Михаил Андреевич – аспирант, начальник бюро программирования и наладки.