

УДК 630\*323.13

DOI: 10.15393/j2.art.2017.3761

Статья

## Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации

Алексей А. Платонов<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9; E-Mail: [raa7@rambler.ru](mailto:raa7@rambler.ru)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: [raa7@rambler.ru](mailto:raa7@rambler.ru);  
Tel.: +7(960)1218310.

*Получена: 22 мая 2017 / Принята: 15 июня 2017 / Опубликовано: 8 августа 2017*

---

**Аннотация:** В настоящее время по сети железных дорог России продолжает оставаться актуальной проблема удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода путей общего и необщего пользования. Механический метод, занимающий до сих пор более 50 % общих объёмов работ по очищению железнодорожных путей, предусматривает раздельное удаление надземной и корневой частей растений и удаление растущей растительности вместе с корнями. Рассмотрены существующие и перспективные технологические процессы проведения работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности. На основе анализа рабочих процессов выявлены достоинства и недостатки удаления растительности мульчерами и кусторезами, а также машинами с манипуляторными установками с режущие или корчевательные головки. Предложен технологический процесс удаления растительности рабочим органом, управляемым шарнирно-сочленённым или телескопическим манипулятором машины на комбинированном (автомобильном и железнодорожном) ходу. Исследованы возможности применения технологических процессов с учётом действующей нормативной документации ОАО «РЖД». Сделан вывод о необходимости разработки системы машин, повышающей качество работ/услуг в области содержания земельных участков полосы отвода на объектах ОАО «РЖД» и снижающей затраты использования машин и механизмов.

**Ключевые слова:** железная дорога, нежелательная растительность, технологические схемы

---

DOI: 10.15393/j2.art.2017.3761

*Article*

## **The technological processes to remove uncontrolled vegetation by various means of mechanization**

**Aleksej Platonov**<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Railway Engineering, Moscow, Obraztsova Str., d. 9, p. 9; E-Mail: [paa7@rambler.ru](mailto:paa7@rambler.ru)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: [paa7@rambler.ru](mailto:paa7@rambler.ru);  
Tel.: +7(960)1218310.

*Received: 22 May 2017 / Accepted: 15 Jun 2017 / Published: 8 August 2017*

---

**Abstract:** The problem of removing uncontrolled vegetation from railroad precincts of general and nongeneral use is urgent for the Russian railroad network maintenance. To ensure secure and delay-free transportation process it is necessary to prevent growth of high trees and shrubs and to disroot the existing ones. The mechanical method used today in more than 50% cases in railways cleaning process provides two main directions for trees and shrubs removal: separate removal of aboveground plant parts and roots and removal of vegetation growing along with the roots. The paper discusses the existing and proposed perspective technological schemes and processes of work to remove uncontrolled trees and shrubs in railroad precincts. The author identifies strengths and weaknesses of vegetation removal with a forestry crusher and brush cutters, as well as with machines with a manipulator fitted with a cutting head. A specific engineering process to remove unwanted vegetation is described which involves a multifunctional machine with an articulated telescopic arm on combined (road and rail) course. The possibility of using existing and prospective technological processes taking into account current regulatory documents of JSC «Russian Railways» is studied. The author makes a conclusion that it is necessary to develop a system of machines that allows improving the quality of the work / services in the railroad precincts on operational infra-structure facilities of JSC «Russian Railways» and to reduce costs due to a more complete and efficient use of machines and mechanisms.

**Keywords:** railway, uncontrolled vegetation, technological schemes

---

## 1. Введение

В настоящее время для обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте актуальной является проблема удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог.

В целом к полосе отвода относятся земляное полотно с путями (рис. 1), станции со станционными путями, пассажирские вокзалы, искусственные сооружения, линии, здания и сооружения сигнализации и связи, энергетического, локомотивного, вагонного, путевого, грузового и пассажирского хозяйств, водоснабжения и канализации, защитные лесные насаждения различного назначения, служебные, жилые и культурно-бытовые здания и иные сооружения, обеспечивающие деятельность железнодорожного транспорта [1]. При этом в соответствии с приказом Министерства путей сообщения РФ № 26Ц в полосе отвода железных дорог в местах прилегания к сельскохозяйственным угодьям не допускается разрастание сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительности [2]. В полосе отвода в местах прилегания к лесным массивам не должно быть скопления сухостоя, валежника, порубочных остатков и других горючих материалов.



**Рисунок 1.** Визуализация объектов производственной инфраструктуры

Тем не менее, несмотря на вышеозначенный приказ, содержание полос отвода железных дорог во многих случаях остаётся неудовлетворительным.

Анализ общих объёмов работ по очищению железнодорожных путей в Российской Федерации показал, что, несмотря на «популярность» так называемого «химического» способа борьбы с нежелательной растительностью, на долю ручного и механизированного методов до сих пор приходится более 50 % трудовых затрат.

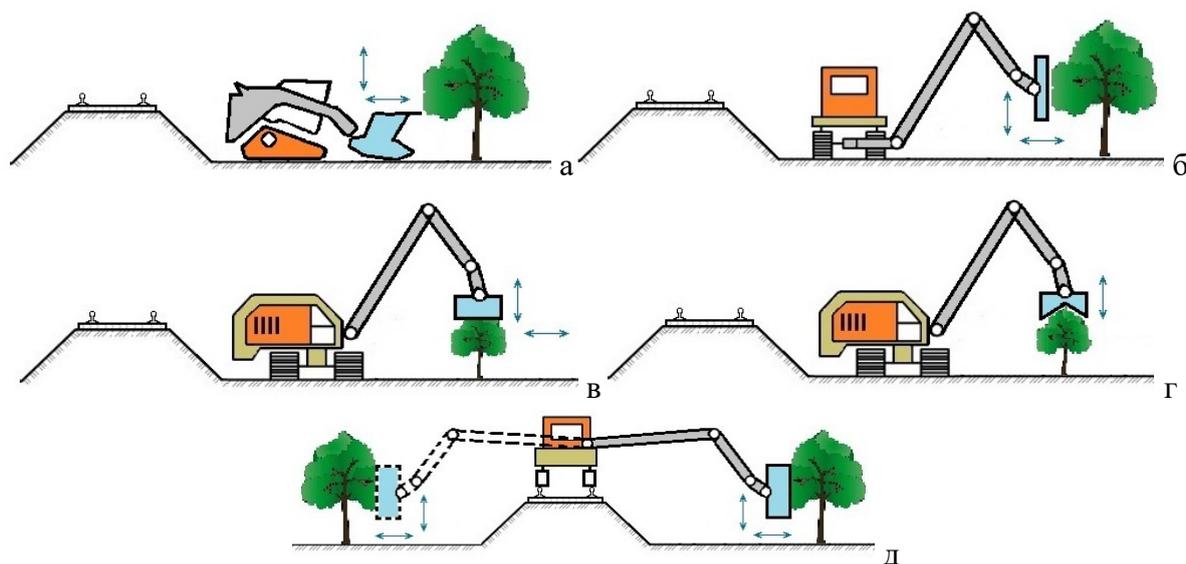
## 2. Материалы и методы

Исследование принципиальных технологических схем удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) в полосе отвода железных дорог показало, что в

общем случае в настоящее время существуют два основных направления в технологии удаления деревьев и кустарников механическим методом [3, 4]: раздельное удаление надземной и корневой частей растений (наиболее распространённый механический метод) и удаление растущей древесно-кустарниковой растительности вместе с корнями (рис. 2).

Раздельное удаление надземной и корневой частей растений производится в настоящее время мульчерами и кусторезами, которые могут быть агрегатированы с самими различными транспортными средствами.

Мульчирование является одной из рациональных и эффективных в настоящее время технологий удаления механическим методом надземных и подземных частей нежелательной древесно-кустарниковой растительности при невозможности (или нежелании) превращения их в товар из-за нерентабельности транспортной логистики [5, 6]. При использовании этой технологии удаление и утилизация НДКР происходит за одну технологическую операцию. Лесная фреза срезает растительность, одновременно измельчает остатки в щепу и равномерно перемешивает их с почвой, что способствует более быстрому её разложению. Таким образом, основным преимуществом мульчера является скорость его работы.



**Рисунок 2.** Технологические схемы проведения работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности: а – мульчер с роторным рабочим органом; б – косилка-кусторез с активным рабочим органом; в – многофункциональная машина с режущей головкой; г – многофункциональная машина с корчевательной головкой; д – многофункциональная машина на комбинированном ходу с активным рабочим органом

Мульчирование избавляет от необходимости производить рубку, корчёвку, складирование, сжигание НДКР и вывоз её остатков. Технология мульчирования препятствует быстрому появлению пророслевого возобновления, убирает факторы,

понижающие экологическую безопасность леса, а также повышает противопожарную роль полос отвода линейных объектов. Последний фактор обуславливается в том числе введёнными в Российской Федерации нормами по содержанию земельных участков полосы отвода и противопожарного режима, в соответствии с которыми [7] в полосе отвода железных дорог «...запрещено разводить костры и сжигать хворост, порубочные материалы, а также оставлять сухостойные деревья и кустарники». Также применение мульчера улучшает условия труда обслуживающего персонала, исключает производственный травматизм и позволяет использовать высвободившихся работников на других участках работы.

Технологическая операция удаления НДКР мульчером (рис. 2а) заключается в том, что в процессе движения его толкающая рама упирается в стоящий древостой (ствол дерева) и наклоняет (подпружинивает) его в сторону заданного направления падения [8]. Далее рабочий орган машины плавно соприкасается со стволом дерева, одновременно измельчая и срезая его. После падения дерева его надземная часть измельчается либо последовательными проходами мульчера вперёд и назад, либо затягиванием измельчаемой части в рабочий орган мульчера. При этом роторный (чаще всего) рабочий орган мульчера кинематически спроектирован лишь для перемещений в вертикальной плоскости, однако для повышения эффективности работы обладает небольшой возможностью наклона относительно горизонтальной плоскости.

Технологическая операция удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности мульчером включает следующие работы:

- подведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги к очищаемому участку полосы отвода;
- установка базовой машины в рабочее положение;
- установка в рабочее положение рабочего органа;
- начало рабочего перемещения базовой машины вдоль полосы отвода (в том числе с учётом сложной траектории движения);
- введение рабочего органа в соприкосновение с нежелательной растительностью;
- выведение рабочего органа из соприкосновения с нежелательной растительностью (в том числе при полном её удалении);
- перемещение базовой машины к следующему объекту нежелательной растительности (в случае неравномерного её произрастания на очищаемом участке полосы отвода);
- установка в транспортное положение рабочего органа;
- отведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги от очищаемого участка полосы отвода.

К особенностям технологического процесса удаления НДКР мульчером можно отнести то, что при работе оператору мульчера сложно не только оценивать обстановку на очищаемой площади по ходу движения, но и выявлять посторонние металлические и железобетонные предметы для их своевременно удаления с целью предотвращения поломок рабочего органа.

Следует при этом отметить, что наличие металлического лома [9] является одной из характерных особенностей земельных участков полосы отвода (рис. 3).

Удаление надземной части НДКР кусторезами (косилками-кусторезами) является в настоящее время весьма распространённой технологической схемой очистки полосы отвода железных дорог.



**Рисунок 3.** Характерные металлические предметы, встречающиеся в полосе отвода железных дорог

При использовании этой технологии удаление и утилизация НДКР происходит за несколько технологических операций. Активный рабочий орган косилки (или косилки-кустореза) режущего (дисковый, сегментный, фрезерный) или ударного (с вращающимися ножами на гибкой связи или рубящими цепями) действия срезает нежелательную растительность, после чего порубочные остатки подлежат утилизации.

Размещение рабочего органа на конце стрелы-манипулятора [10, 11, 12] позволяет в данной (а также подобных рассматриваемой) технологической схеме производить удаление НДКР на некотором удалении от базовой машины, что является несомненным достоинством. Однако недостатком технологической схемы с применением косилок-кусторезов является неспособность противодействовать последующему прорословому возобновлению многих древесно-кустарниковых пород. В частности, обрезкой могут быть надёжно устранены только хвойные деревья (сосна, ель, кедр, лиственница, пихта, можжевельник). В то же время постоянную и богатую поросль дают ива, тополь, липа, граб, ольха, акация, дуб; средняя порослевая способность отмечена у клёна, ясеня, вяза, рябины. По этой причине необходима повторная и (нередко) более трудоёмкая обрезка через 2—3 года, а у некоторых пород деревьев — уже на следующий год, что экономически не целесообразно.

Технологическая операция удаления НДКР кусторезами (рис. 2б) заключается в том, что в процессе движения базовой машины рабочий орган плавно соприкасается с нежелательной растительностью (преимущественно ветками) и срезает её. При этом рабочий орган кустореза управляется стрелой-манипулятором с возможностью кинематических

перемещений как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, а продольное перемещение обеспечивается чаще всего перемещением самой базовой машины [13, 14, 15].

Технологическая операция удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности кусторезами включает следующие работы:

- подведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги к очищаемому участку полосы отвода;
- установка базовой машины в рабочее положение;
- установка в рабочее положение рабочего органа;
- начало рабочего перемещения базовой машины вдоль полосы отвода (в том числе с учётом сложной траектории движения) и/или перемещения рабочего органа;
- введение рабочего органа в соприкосновение с нежелательной растительностью;
- выведение рабочего органа из соприкосновения с нежелательной растительностью (в том числе при полном её удалении);
- перемещение базовой машины к следующему объекту нежелательной растительности (в случае неравномерного её произрастания на очищаемом участке полосы отвода);
- установка в транспортное положение рабочего органа;
- отведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги от очищаемого участка полосы отвода.

К особенностям технологического процесса удаления НДКР кусторезами можно отнести то, что, как уже отмечалось выше, для полного уничтожения НДКР после срезки стволов деревьев и кустарников необходимо в дальнейшем удалять их пни и корни, а также утилизировать порубочные остатки. При этом ввиду ужесточения экологических требований, предъявляемых к утилизации порубочных остатков (в частности, запрету их сжигания в полосе отвода, а также в засушливый период), необходимо их либо вывозить, либо перерабатывать в щепу мульчером, что также является экономически не целесообразным.

Удаление надземной части НДКР режущей головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины, является в настоящее время не очень распространённой технологической схемой очистки полосы отвода по сети железных дорог России (рис. 2в). Данная технология весьма похожа на удаление нежелательной растительности мульчированием, когда удаление и утилизация НДКР происходит за одну технологическую операцию. При этом, в отличие от мульчера, возможно удаление как большого массива НДКР, так и одиноко стоящих деревьев небольшого диаметра (рис. 4).



**Рисунок 4.** Удаление одиноко стоящих деревьев режущей головкой

Технологическая операция удаления НДКР режущей головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины (рис. 2в), заключается в том, что рабочий орган базовой машины (многофункционального экскаватора, трактора, специализированного транспортного средства) плавно соприкасается с нежелательной растительностью и измельчает её, превращая в щепу. При этом рабочий орган с возможностью кинематических перемещений по трём плоскостям может управляться стрелой-манипулятором как во время движения базовой машины, так и в стационарном её положении.

Технологическая операция удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности режущей головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины, включает следующие работы:

- подведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги к очищаемому участку полосы отвода;
- установка базовой машины в рабочее положение;
- установка в рабочее положение рабочего органа;
- начало рабочего перемещения базовой машины вдоль полосы отвода (в том числе с учётом сложной траектории движения) и/или перемещения рабочего органа (в том числе при неподвижной базовой машине);
- введение рабочего органа в соприкосновение с нежелательной растительностью;
- выведение рабочего органа из соприкосновения с нежелательной растительностью (в том числе при полном её удалении);
- перемещение базовой машины и/или рабочего органа к следующему объекту нежелательной растительности (в случае неравномерного её произрастания на очищаемом участке полосы отвода);
- установка в транспортное положение рабочего органа;
- отведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги от очищаемого участка полосы отвода.

К особенностям технологического процесса удаления НДКР режущей головкой можно отнести то, что работа может осуществляться при неподвижной базовой машине с

перемещением рабочего органа в вертикальной плоскости (сверху вниз). Кроме того, к особенностям относится то, что порубочные остатки (в отличие от мульчерной технологии) не перемешиваются с почвой, а лишь разбрасываются по её поверхности.

Удаление нежелательной растительности корчевательной головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины, относится к другому направлению в технологии удаления деревьев и кустарников механическим методом, а именно к удалению растущей древесно-кустарниковой растительности вместе с корнями (рис. 2г). Вырывание НДКР с корнями (и, как следствие, отсутствие пророслевого возобновления древесно-кустарниковых пород) избавляет от необходимости повторной и (нередко) более трудоёмкой обработки участков полос отвода. Однако проведённый анализ применяемых в настоящее время технологических процессов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности, а также предлагаемого отечественными и зарубежными производителями оборудования выявил, что корчевательная головка (рис. 5) для очистки полосы отвода используется крайне редко не только по сети железных дорог России, но и в остальном мире.

Технологическая операция удаления НДКР корчевательной головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины (рис. 2г), заключается в том, что рабочий орган базовой машины (многофункционального экскаватора, трактора, специализированного транспортного средства) плавно соприкасается с нежелательной растительностью (в том числе с несколькими объектами одновременно) и вырывает её с корнями. При этом рабочий орган с возможностью кинематических перемещений по трём плоскостям может управляться стрелой-манипулятором как во время движения базовой машины, так и в стационарном её положении, а для повышения производительности работы машины рабочий орган может быть установлен на сферическом шарнире [16, 17].



**Рисунок 5.** Удаление нежелательной растительности корчевательной головкой

Технологическая операция удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности корчевательной головкой, размещённой на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины, включает следующие работы:

- подведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги к очищаемому участку полосы отвода;
- установка базовой машины в рабочее положение;
- установка в рабочее положение рабочего органа;
- начало рабочего перемещения базовой машины вдоль полосы отвода (в том числе с учётом сложной траектории движения) и перемещения рабочего органа при неподвижной базовой машине;
- введение рабочего органа в соприкосновение с нежелательной растительностью;
- выведение рабочего органа из соприкосновения с нежелательной растительностью при полном её удалении;
- перемещение базовой машины и/или рабочего органа к следующему объекту/объектам нежелательной растительности;
- установка в транспортное положение рабочего органа;
- отведение на транспортных скоростях базовой машины по полосе отвода железной дороги от очищаемого участка полосы отвода.

К особенностям технологического процесса удаления НДКР корчевательной головкой можно отнести то, что работа осуществляется при неподвижной базовой машине с перемещением рабочего органа в вертикальной плоскости (сверху вниз). Кроме того, к особенностям относится дискретность работы (т. е. возможность удаления мелкой нежелательной растительности, неравномерно произрастающей по полосе отвода), а также необходимость последующей утилизации нежелательной растительности, которую следует либо вывозить, либо перерабатывать в щепу мульчером, что нередко является экономически не целесообразным.

Ещё одной, практически не известной в России технологической схемой очистки полосы отвода железных дорог является удаление НДКР активным рабочим органом (рис. 2д), размещённым на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины на комбинированном ходу [18, 19, 20]. Отличие данной технологии от вышерассмотренных заключается в том, что перемещение базовой машины происходит непосредственно по железнодорожной колее, при этом удаление нежелательной растительности может осуществляться как раздельно (вначале надземная часть, затем при необходимости корневая часть), так и вместе с корнями, а в качестве рабочего органа может быть использована, например, режущая или корчевательная головка.

Технологическая операция удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности активным рабочим органом, размещённым на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины на комбинированном ходу, включает следующие работы:

- подведение на транспортных скоростях базовой машины по железнодорожной колее к очищаемому участку полосы отвода;
- установка базовой машины в рабочее положение;
- установка в рабочее положение рабочего органа;

- начало рабочего перемещения базовой машины вдоль полосы отвода и/или перемещения рабочего органа (в том числе при неподвижной базовой машине);
- введение рабочего органа в соприкосновение с нежелательной растительностью;
- выведение рабочего органа из соприкосновения с нежелательной растительностью (в том числе при полном её удалении);
- перемещение базовой машины и/или рабочего органа к следующему объекту/объектам нежелательной растительности (в случае неравномерного её произрастания на очищаемом участке полосы отвода);
- установка в транспортное положение рабочего органа;
- отведение на транспортных скоростях базовой машины по железнодорожной колее от очищаемого участка полосы отвода.

К особенностям технологического процесса удаления НДКР активным рабочим органом, размещённым на конце стрелы-манипулятора многофункциональной машины на комбинированном ходу (рис. 6), относится то, что работа может осуществляться одновременно с двух сторон железнодорожной колеи (в случае установки двух стрел-манипуляторов), последовательно с одной и другой стороны железнодорожной колеи (при неподвижной базовой машине) или последовательно с одной и другой стороны железнодорожной колеи (при проходах базовой машины вперёд и назад вдоль полосы отвода).



**Рисунок 6.** Удаление нежелательной растительности многофункциональной машиной на комбинированном ходу

### 3. Результаты

В целом проведённый анализ существующих и перспективных технологических процессов удаления механическим способом нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог выявил многообразие не только возможных схем, но и оборудования для проведения подобных работ.

Однако в настоящее время нормативной документацией ОАО «РЖД» закреплены фактически три технологические схемы по удалению НДКР, лишь одна из которых относится к механическим способам [21].

Во-первых, это химическая обработка железнодорожных путей общего пользования, земельных участков технической полосы отвода и охранных зон, а также площадей под защитными лесонасаждениями гербицидами, разрешёнными для применения в РФ и прошедшими установленным порядком апробацию в условиях железных дорог. Данный метод используется в основном для удаления травянистой растительности балластной призмы железнодорожного пути.

Во-вторых, это валка деревьев, угрожающих своим падением на путь, линии электропередачи, связи и автоблокировки, удаление поросли древесно-кустарниковой растительности, а также выборочная валка деревьев при рубках ухода различного назначения и т. д. Указанные виды работ осуществляются преимущественно с применением ручного труда, для чего организация-аутсорсер, выполняющая данные работы, должна иметь достаточное количество собственных и/или привлечённых трудовых ресурсов соответствующей квалификации (в частности, специалистов, имеющих профессию вальщик леса).

В-третьих, это сплошная вырубка древесно-кустарниковой растительности и поросли их возобновления, которая как раз и может осуществляться таким механическим способом удаления НДКР, как мульчерная технология. При этом организация-аутсорсер, выполняющая данные работы, должна обладать достаточным количеством собственных и/или привлечённых производственных мощностей (ресурсов), в частности, мульчеров со следующими техническими характеристиками: вид движителя — гусеничный; рабочая ширина — не менее 1500 мм; максимальный диаметр сокрушаемого дерева — не менее 11 см.

Однако, одновременно с этим, исследованием поэлементного состава работ/услуг по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР), передаваемых на сетевой аутсорсинг, было установлено, что практически каждый технологический процесс очистки полосы отвода железных дорог предусматривает большое количество ручного труда, а также применение большого числа дополнительных машин и оборудования. Кроме рассмотренной выше валки деревьев на перегоне, в городских и горных условиях расчистка площадей от кустарника и мелкоколесья, как указано в нормативной документации [22], однозначно должна производиться вручную. Ручной труд предусмотрен и при корчевке пней диаметром свыше 11 см, корней кустарника и мелкоколесья, а также при уборке полосы отвода и лесокультурной площади от стволов, веток деревьев и порубочных остатков. Применение дополнительных машин и оборудования предусмотрено при трелёвке древесины, полученной от валки деревьев, сгребании срезанного кустарника, укладке порубочных остатков в кучи и вывозке этих куч с погрузкой и разгрузкой, вывозке выкорчёванных пней, дроблении срезанной растительности в щепу с разбрасыванием по откосу и т. д. При этом к

специализированным машинам, сводящим ручной труд по удалению нежелательной растительности к минимуму и предусмотренным нормативной документацией ОАО «РЖД» [21], относятся лишь мульчеры, технические характеристики которых (вид движителя — гусеничный, рабочая ширина — не менее 1500 мм, максимальный диаметр сокрушаемого дерева — не менее 11 см) указывают на заранее заложенную в технологический процесс большую производительность применяемых технических средств по удалению НДКР.

#### 4. Обсуждение и заключение

С учётом вышеизложенного представляется целесообразным разработать систему машин, которая позволит повысить качество проведения работ/услуг в области защитного лесоразведения, содержания земельных участков полосы отвода и охранных зон, озеленения и благоустройства, а также борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры ОАО «РЖД» и снизить затраты труда (в том числе ручного), а также денежные расходы за счёт более полного и рационального использования машин и механизмов.

#### Литература

1. *Крейнис, З. Л.* Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути / З. Л. Крейнис, Н. Е. Селезнева. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2012. — 568 с.
2. Приказ Министерства путей сообщения РФ № 26Ц «Об утверждении Положения о порядке использования земель федерального железнодорожного транспорта в пределах полосы отвода железных дорог» от 15.05.1999 г. Зарегистрирован в Минюсте РФ 27 июля 1999 г. № 1848.
3. *Казанский, В. Д.* Способы борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью при эксплуатации автомобильных дорог / В. Д. Казанский // Автомоб. дороги: Обзорн. информ. — Москва : Информавтодор, 1987. — Вып. 4. — 65 с.
4. *Редькин, А. К.* Технология и оборудование лесозаготовок / А. К. Редькин, В. Д. Никишов, С. Н. Смехов. — Москва : МГУЛ, 2010. — 178 с.
5. *Вавилов, А. В.* Механизация расчистки объектов строительства от древесной растительности и её эффективное использование в условиях Беларуси / А. В. Вавилов // Механизация строительства. — 2016. — Т. 77. — № 7. — С. 28—31.
6. Мульчерные технологии в «МРСК Урала»: помощь в горячий сезон // Электроэнергия. Передача и распределение. — 2014. — № 5. — С. 73—74.
7. О противопожарном режиме : постановление Правительства Российской Федерации № 390 от 25.04.2012 г.
8. *Антипов, Б. В.* Мульчерные технологии в полосе отвода железных дорог / Б. В. Антипов, С. Ю. Маркелов, М. Т. Хайдаров. — Москва : Арсенал, 2013. — 115 с.

9. Антипов, Б. В. Научные основы разработки системы защиты от растительности железнодорожного пути и других объектов производственной инфраструктуры : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.06 / Б. В. Антипов. — Москва : 2014. — 48 с.

10. Boudreau, R. Parallel Manipulator Kinematics Learning Using Holographic Neural Network Models / R. Boudreau, G. Levesque, S. Darenfed // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. — 1998. — Т. 14. — № 1. — С. 37—44.

11. Dwivedy, S. K. Dynamic Analysis of Flexible Manipulators, a Literature Review / S. K. Dwivedy, P. Eberhard // Mechanism and Machine Theory. — 2006. — Т. 41. — № 7. — С. 749—777.

12. Palpacelli, M.-C. A Redundantly Actuated 2-Degrees-Of-Freedom Mini Pointing Device / M.-C. Palpacelli, G. Palmieri, M. Callegari // Journal of Mechanisms and Robotics. — 2012. — Т. 4. — № 3.

13. Szkodny, T. Modelling of Kinematics of the IRB-6 Manipulator / T. Szkodny // Computers & Mathematics with Applications. — 1995. — Т. 29. — № 9. — С. 77—94.

14. Rao, S. S. Probabilistic Approach to Manipulator Kinematics and Dynamics / S. S. Rao, P. K. Bhatti // Reliability Engineering & System Safety. — 2001. — Т. 72. — № 1. — С. 47—58.

15. Cheah, C. C. Stability of Hybrid Position and Force Control for Robotic Manipulator with Kinematics and Dynamics Uncertainties // C. C. Cheah, S. Kawamura, S. Arimoto // Automatica. — 2003. — Т. 39. — № 5. — С. 847—855.

16. Theodoridis, D. C. A New Adaptive Neuro-Fuzzy Controller for Trajectory Tracking of Robot Manipulators / D. C. Theodoridis, Y. S. Boutalis, M. A. Christodoulou // International Journal of Robotics and Automation. — 2011. — Т. 26. — № 1. — С. 64—75.

17. Yu, K. H. Position Control of an Underactuated Manipulator Using Joint Friction / K. H. Yu, Y. Shito, H. Inooka // International Journal of Non-Linear Mechanics. — 1998. — Т. 33. — № 4. — С. 607—614.

18. Платонов, А. А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / А. А. Платонов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. — 2015. — № 1 (69). — С. 69—72.

19. Платонов, А. А. Специализированные грузовые транспортные средства на комбинированном ходу / А. А. Платонов, Н. Н. Киселёва // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. — 2014. — № 3. — С. 179—183.

20. Платонова, М. А. Инновационные колёсные машины для обслуживания железнодорожного пути / М. А. Платонова, А. А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 2. — С. 198.

21. Конкурсная документация. Открытый конкурс № 1668/ОКЭ-ЦДИ/14 ОАО «РЖД» на право заключения договоров на выполнение работ/услуг в области защитного лесоразведения, содержания земельных участков полосы отвода и охранных зон, озеленения

и благоустройства, борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» в 2015—2017 гг.

22. Об единичных стоимостях работ/услуг в области защитного лесоразведения, содержания земельных участков полосы отвода и охранных зон, озеленения и благоустройства, борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры ОАО «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД» № 1091р от 5 мая 2014 г.

## References

1. *Krejnis, Z. L.* Maintenance and repair of railway track / Z. L. Krejnis, N. E. Selezneva. — Moskva : UMC ZhDT, 2012. — 568 p.
2. Order of the Ministry of Railways of the Russian Federation № 26TS «On Approval of the Procedure of land use federal railway transport within the railway right of way» from 05.15.1999. Joined the Ministry of Justice of the Russian Federation of July 27, 1999. № 1848.
3. *Kazanskij, V. D.* Ways of dealing with unwanted trees and shrubs in the operation of motor roads / V. D. Kazanskij // Car roads. Overview information. Issue № 4. — Moskva : Informavtodor, 1987. — 65 p.
4. *Red'kin, A. K.* Technology and equipment for of timber cuttings: Textbook / A. K. Red'kin, V. D. Nikishov, S. N. Smehov. — Moskva : MGUL, 2010. — 178 p.
5. *Vavilov, A. V.* Mechanization of clearing construction sites from woody vegetation and its effective use in Belarus / A. V. Vavilov // Mechanization of construction. — 2016. — T. 77. — № 7. — P. 28—31.
6. Shredders technology in «MRSK The Urals»: Help in the hot season // Electricity. Transmission and distribution. — 2014. — № 5. — P. 73—74.
7. About firefighting mode. Russian Federation Government Resolution № 390 from 25.04.2012.
8. *Antipov, B. V.* Shredders technology in the right of way railways / B. V. Antipov, S. Ju. Markelov, M. T. Hajdarov. — Moskva : Arsenal, 2013. — 115 p.
9. *Antipov, B. V.* The scientific basis for the development of of protection against vegetation railway tracks and other industrial infrastructure facilities: The author's abstract of the thesis of the Doctor of Technical Sciences: 05.22.06 / B. V. Antipov. — Moskva, 2014. — 48 p.
10. *Boudreau, R.* Parallel Manipulator Kinematics Learning Using Holographic Neural Network Models / R. Boudreau, G. Levesque, S. Darenfed // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. — 1998. — T. 14. — № 1. — C. 37—44.
11. *Dwivedy, S. K.* Dynamic Analysis of Flexible Manipulators, a Literature Review / S. K. Dwivedy, P. Eberhard // Mechanism and Machine Theory. — 2006. — T. 41. — № 7. — C. 749—777.
12. *Palpacelli, M.-C.* A Redundantly Actuated 2-Degrees-Of-Freedom Mini Pointing Device / M.-C. Palpacelli, G. Palmieri, M. Callegari // Journal of Mechanisms and Robotics. — 2012. — T. 4. — № 3.

13. *Szkodny, T.* Modelling of Kinematics of the IRB-6 Manipulator / T. Szkodny // Computers & Mathematics with Applications. — 1995. — T. 29. — № 9. — C. 77—94.
14. *Rao, S. S.* Probabilistic Approach to Manipulator Kinematics and Dynamics / S. S. Rao, P. K. Bhatti // Reliability Engineering & System Safety. — 2001. — T. 72. — № 1. — C. 47—58.
15. *Cheah, C. C.* Stability of Hybrid Position and Force Control for Robotic Manipulator with Kinematics and Dynamics Uncertainties // C. C. Cheah, S. Kawamura, S. Arimoto // Auto-matica. — 2003. — T. 39. — № 5. — C. 847—855.
16. *Theodoridis, D. C.* A New Adaptive Neuro-Fuzzy Controller for Trajectory Tracking of Robot Manipulators / D. C. Theodoridis, Y. S. Boutalis, M. A. Christodoulou // International Journal of Robotics and Automation. — 2011. — T. 26. — № 1. — C. 64—75.
17. *Yu, K. H.* Position Control of an Underactuated Manipulator Using Joint Friction / K. H. Yu, Y. Shito, H. Inooka // International Journal of Non-Linear Mechanics. — 1998. — T. 33. — № 4. — C. 607—614.
18. *Platonov, A. A.* Prospects for the introduction of innovative track equipment on the railway network of JSC «Russian Railways» / A. A. Platonov // Bulletin of Ulyanovsk State Technical University. — 2015. — № 1 (69). — P. 69—72.
19. *Platonov, A. A.* Specialized freight vehicles on the combined course / A. A. Platonov, N. N. Kiseljova // Bulletin of the Belgorod State Technological University V. G. Shukhov. — 2014. — № 3. — P. 179—183.
20. *Platonova, M. A.* The innovative wheel machine for servicing of railway track / M. A. Platonova, A. A. Platonov // Modern problems of science and education. — 2013. — № 2. — P. 198.
21. Tender documentation. Open tender № 1668/OER-CDR/14 of JSC «Russian Railways» for the right to sign the contract for performance of work/services in the field of protective afforestation, maintenance of land in the right of way and protected areas, gardening and landscaping, for controlling undesirable vegetation in the operational facilities of the Central Directorate infrastructure — a branch of JSC «Russian Railways» in 2015—2017 years.
22. On the unit cost of the works/services in the field of protective afforestation, maintenance of land in the right of way and protected areas, gardening and landscaping, for controlling undesirable vegetation in the operational infrastructure facilities of JSC «Russian Railways». Order of JSC «Russian Railways» № 1091r on May 5, 2014.