

## ГРАБЛИ ЛЕСНЫЕ: НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ

**А.А. Платонов**

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Россия, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2

raa7@rambler.ru

Рассмотрено современное состояние технических средств механизации сбора и сгребания порубочных остатков в России и в мире. Рекомендовано обозначать указанные технические средства как «грабли лесные», обосновано их определение и выявлена область применения. Раскрыты качественные характеристики грабель лесных, в частности ширина захвата, количество и ширина рабочих элементов (зубьев). Установлено, что около 50 % моделей грабель лесных, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, имеют ширину зубьев в диапазоне 19...32 мм, ширину захвата 1000...2000 мм ( $\approx 51\%$ ), около 25 % всех моделей грабель лесных обладают количеством зубьев — 5 или 6, а более 58 % — количеством зубьев 5...9. Впервые разработана классификация грабель лесных, предусматривающая три первичных классификационных признака с наибольшим уровнем иерархии полученного классификационного дерева, равным 6. Представленные результаты могут быть использованы производственными предприятиями, занимающимися содержанием и эксплуатацией территорий различных объектов.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, удаление, средства механизации, лесные грабли, классификация, характеристики

**Ссылка для цитирования:** Платонов А.А. Грабли лесные: назначение, область применения, классификация // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 6. С. 139–150. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-139-150

В рамках надлежащего содержания различных инфраструктурных объектов [1, 2] с определенной периодичностью [3] осуществляются работы по удалению с их территорий нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР). Особенностью такого вида работ является то, что в ряде соответствующих технологических процессов [4, 5] предусмотрена технологическая операция сбора и сгребания срезанной (срубленной или лишенной связи с почвой иным способом) указанной растительности. Не принимая во внимание ручной способ выполнения подобных работ, отдельное внимание, на наш взгляд, следует уделить таким техническим средствам механизации указанной операции, как грабли.

Накоплен большой практический опыт по использованию грабель, как в сельском, так и в лесном хозяйстве, однако публикаций на эту тему не так много, а имеющийся материал (например [6]) в большей степени посвящен применению грабель в сельском хозяйстве ( $\approx 95\%$ , запрос в названии — «грабли», тип публикации — «книги, статьи в журналах, материалы конференций», тематика — «сельское и лесное хозяйство», годы публикации 2000–2022 гг., электронная библиотека eLibrary.ru, ноябрь 2022 г.). О лесном хозяйстве в России и за рубежом издаются книги, публикуются монографии, обзоры и статьи [7–9],

в которых вопросам сбора и сгребания порубочных остатков посвящены лишь отдельные абзацы (максимум — отдельные параграфы в главах).

Традиционными средствами удаления порубочных остатков в России служили так называемые кустарниковые грабли, предназначенные для сгребания в кучи срезанного и выкорчеванного кустарника, мелкоколесья, пней диаметром до 15 см (рис. 1, а) и агрегатируемые с тракторами класса тяги 6,0 (рис. 1, б).

Кроме них для механизированной очистки территорий от порубочных остатков применялся подборщик сучьев ПСГ-2.4, предназначенный для работ на вырубках с количеством пней до 600 шт. на 1 га (рис. 1, в), подборщики ПС-2.4, ПС-2Г, ПС-5, ЛТ-161 и др. [8, 10]. Однако, как отмечалось в работе [11], указанные машины для сбора порубочных остатков были созданы на базе трелевочных тракторов еще в 1960-х годах, что, на наш взгляд, обуславливает нынешний не только моральный, но и физический износ сохранившихся экземпляров подобной техники. При этом очистка территории некоторых инфраструктурных объектов нередко выполняется в рамках аутсорсинга [12, 13] подрядными организациями, которые стремятся содержать на своем балансе современные средства механизации удаления НДКР [14]. Исходя из этого нами был осуществлен поиск информации, показавший, что большинство из приведенных традиционно применявшихся в России технических средств

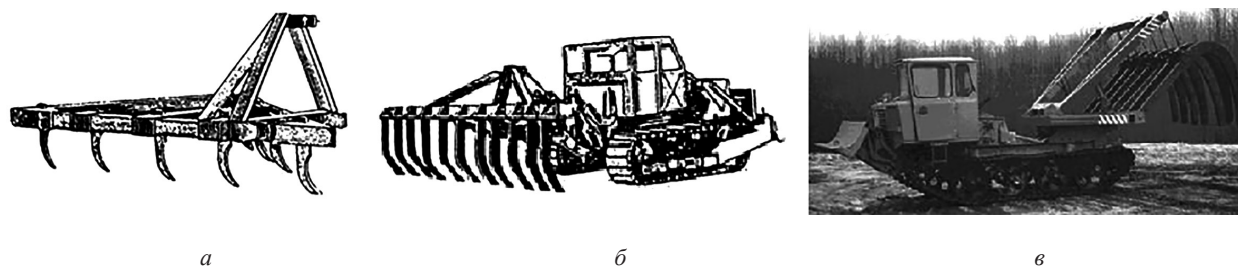


Рис. 1. Традиционные средства сгребания порубочных остатков  
 Fig. 1. Traditional raking tools for groundwood

механизации сбора и сгребания порубочных остатков снято с производства.

Имеющиеся публикации об очистке различных территорий от НДКР нередко ограничиваются [15, 16] лишь описанием технико-экономических характеристик отдельных машин и механизмов [17–19], в том числе — применительно к конкретной технологии применения устройств сбора и сгребания срезанной (вырубленной) НДКР [20, 21]. Аналогично узкую направленность имеют зарубежные исследования в области очистки территорий от нежелательной древесно-кустарниковой растительности. Так, авторами из Канады [22] было изучено влияние удаления порубочных остатков при одновременном уплотнении почвы на рост лесных культур, качество почвы и общую продуктивность леса. Коллектив ученых из Италии [23] исследовал результаты оценки количества остатков лесной биомассы, которые не следует убирать с территории для сведения к минимуму истощения плодородия почвы. В работе [24] рассмотрено влияние промышленного сбора малоликвидных порубочных остатков (вершин, веток и пней от вырубленных деревьев и кустарников) на биоразнообразие лесной экосистемы. В работе [25] австралийские ученые изложили результаты исследования влияния прореживания лесных культур с оставлением порубочных остатков на структурные характеристики лесного массива в районах с низким количеством осадков.

Таким образом, нами установлено, что масштабные исследования современных технических средств сбора и сгребания порубочных остатков НДКР не проводили. В частности, не классифицированы рассматриваемые технические средства, отсутствует обоснование их качественных характеристик, не выявлены количественные. Кроме того, нет их общепринятого названия и определения, что затрудняет процесс организации работ по удалению НДКР с некоторых территорий ввиду их зачастую фактического несоответствия современным направлениям развития машин и механизмов в области сбора и сгребания порубочных остатков.

## Цель работы

Цель работы — обобщение качественных и количественных характеристик технических средств сбора и сгребания порубочных остатков нежелательной древесно-кустарниковой растительности с разработкой их классификации для повышения эффективности организации работ по удалению указанной растительности.

## Материалы и методы

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выполнить обзор отечественных и зарубежных средств механизации сбора и сгребания порубочных остатков с установлением конструктивных и технологических параметров их работы;
- 2) разработать классификацию технических средств сбора и сгребания НДКР с обоснованием области ее применения.

Объектом исследования служило содержание некоторых инфраструктурных объектов, в частности полос отвода железных и автомобильных дорог, газопроводов, нефтепроводов, высоковольтных линий электропередач, а также иных территорий, предметом — технологические процессы удаления НДКР с территорий указанных инфраструктурных объектов и средства механизации, применяемые при выполнении соответствующих технологических операций.

Для осуществления исследований использовали следующие исходные материалы:

- актуальные базы данных результатов проведения конкурсов по выполнению очистки территорий от НДКР — изучено более 8100 конкурсных заявок начиная с 2012 г.;
- аналитические обзоры, посвященные состоянию технических средств механизации работ по удалению НДКР с территорий некоторых объектов;
- нормативно-методические документы организаций, ответственных за содержание указанных инфраструктурных объектов;
- каталоги технических средств сбора и сгребания порубочных остатков НДКР, размещенные

на официальных сайтах производителей рассматриваемой техники;

– научные разработки по тематике исследований, находящиеся в открытом доступе, и др.

В качестве методической основы применялся комплекс научных методов: аналитический исторический анализ общих закономерностей развития рассматриваемых технических средств в хронологическом порядке, системный анализ характеристики средств механизации сбора и сгребания порубочных остатков НДКР, математическая статистика для оценки достоверности полученных результатов.

Поиск перечисленных исходных материалов проводился в библиографической базе данных Scopus, научной электронной библиотеке eLIBRARY, а также на официальном сайте единого информационного пространства всей сферы государственных закупок в России. Поиск запросы (с глубиной поиска от 1980 г.) по теме исследования были сформированы с использованием ключевых дескрипторов на русском, английском, шведском, финском и французском языках.

## Результаты и обсуждение

Анализ материалов позволил установить, что на территории России при удалении НДКР применяются такие современные технические средства механизации для сгребания порубочных остатков, как грабли лесные, грабли уборочные лесные, оборудование уборочное лесохозяйственное, сгребатель веток леса, толкатель для расчистки лесосек, изготавливаемые отечественными (российскими) и отнесенными нами к этой же категории белорусскими) производителями. В целом обращает на себя внимание преимущественное наличие в наименовании указанных технических средств слова «грабли» как стремление производителей уже в самом наименовании отмечать их предназначение, а также присутствие характеризующего их признака, связанного с лесом — лесные, лесохозяйственные и т. д.

Анализ наименований соответствующих технических средств зарубежных производителей показал преимущественное наличие слова «Rake» («грабли», пер. с англ.). Однако при этом более широко, чем в отечественной промышленности, представлены характеризующие их признаки: «forest» (лесные), «brush» (кистевые, щеточные), «goot» (корневые), «dozer» (бульдозерные, с креплением на отвале), «excavator» (экскаваторные, с креплением на рукояти) и т.д. Следует отметить, что характеризующий признак «shrub» (кустарниковые) встречается для граблей в современной англоязычной литературе в понятии «ручные грабли для ухода за кустарниками». С учетом этого и ввиду выявленной распространенности

такого наименования технических средств по сгребанию НДКР, как «грабли» и характеризующего их связанного с лесом признака («лесные»), нам представляется целесообразным рекомендовать для введения в практику организации работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности обозначать рассматриваемые технические средства как «грабли лесные».

Несмотря на фактическую распространенность в отечественном и зарубежном машиностроении средств механизации сбора и сгребания нежелательной растительности с рекомендуемым выше названием, с помощью осуществленного нами информационного поиска по многочисленным (энциклопедическим, толковым, лесным и т. д.) словарям и технической литературе, посвященной данной тематике, в том числе нормативным документам, было выявлено отсутствие определения того, что именно следует считать техническим средством с наименованием «грабли лесные». При этом нами было установлено, что назначение и область применения технических средств, которые издавна предназначены лишь для сгребания порубочных остатков от НДКР, уже давно и далеко вышли за традиционные пределы сферы воздействия на указанную растительность. В настоящее время в зависимости от назначения, вида базовой машины, а также конструктивных особенностей граблей лесных существуют следующие области их применения:

- уход за лесным фондом (в том числе за молодыми культурами);
- расчистка полос отвода автомобильных и железных дорог, трасс газо-, нефте- и продуктопроводов, высоковольтных линий электропередачи, водоводов, пограничных просек, откосов и поверхностей каналов и плотин, побережий и русел рек, иных территорий;
- выполнение противопожарных мероприятий на некоторых территориях.

Назначение граблей лесных заключается в выполнении следующих работ:

- по сбору и/или сгребанию порубочных остатков, в том числе корней нежелательной древесно-кустарниковой растительности;
- корчеванию небольших пней с корнями;
- погрузке НДКР (в том числе ее порубочных остатков) на/в последующие машины (транспортировка, измельчение в щепу).

По нашему мнению, в определении данного технического средства должны быть отражены его характеристики как оборудования, предназначенного для выполнения специальных целей (с указанием конкретных целей), а также сведения о территориях их преимущественного применения. Исходя из этого, предлагаем для введения в практику организации работ по удалению НДКР

следующее определение рассматриваемого технического средства: грабли лесные — это специализированное оборудование, предназначенное для сбора и/или сгребания неизмельченных порубочных остатков на территориях, подлежащих очистке от древесно-кустарниковой растительности.

Современная мировая промышленность выпускает разнообразные технические средства сбора и сгребания порубочных остатков, которые можно идентифицировать в соответствии с ГОСТ 29008–91 (ISO 6814:2009) в зависимости от их принадлежности к основным типам по характерным операциям или сочетаниям выполняемых ими операций, а также по ряду конструктивных признаков, определяющих в целом их качественные и количественные характеристики.

К качественным характеристикам граблей лесных, непосредственно влияющим на выполнение ими своих основных функций, определяющим их понятность и сравнимость для пользователей (эксплуатирующих организаций), а также существенность применения, целесообразно отнести такие конструктивные параметры граблей лесных, как ширину захвата  $B_R$ , количество  $Z$  и ширину  $B_Z$  их рабочих элементов (зубьев). Указанные характеристики прямым (как ширина захвата  $B_R$ ) или опосредованным образом влияют на теоретическую производительность работы  $W_R$  (га/ч) граблей лесных, в самом общем случае определяемой по формуле

$$W_R = 0,1 \cdot B_R \cdot V_a \cdot \eta_R,$$

где  $B_R$  — ширина захвата граблей лесных, м;

$V_a$  — поступательная скорость перемещения граблей лесных, км/ч;

$\eta_R$  — коэффициент использования ширины захвата граблей лесных при сборе и/или сгребании порубочных остатков.

В результате анализа более 200 моделей граблей лесных, выпускаемых отечественными (российскими, а также отнесенными нами к этой же категории белорусскими) и зарубежными производителями были определены следующие их количественные характеристики: ширина захвата  $B_R$ , количество  $Z$  и ширина  $B_Z$  рабочих элементов (зубьев, принятых по наибольшему размеру соответствующего профиля рабочей поверхности) рассматриваемых технических средств, статистические количественные показатели центра распределения которых приведены на рис. 2.

Коэффициенты вариации ширины захвата ( $v = 41,84\%$ ), количества зубьев ( $v = 58,24\%$ ) и ширины зубьев ( $v = 39,71\%$ ) находятся в пределах 30...70% (умеренная вариация). Для выборочных данных ширины захвата значения коэффициента асимметрии  $A_s = 0,568$  и эксцесса  $E_x = -0,34$  мало отличаются от нуля, поэтому можно предполо-

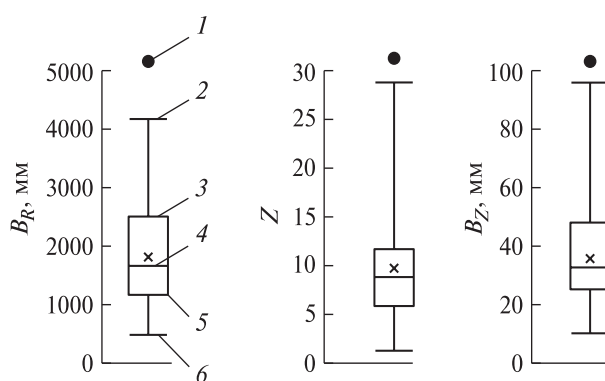


Рис. 2. Показатели центра распределения характеристик граблей лесных: 1 — выброс; 2 — max. значение; 3 — верхний квартиль; 4 — медиана; 5 — нижний квартиль; 6 — min. значение

Fig. 2. Center distribution of forest rake characteristics: 1 — outlier; 2 — max. value; 3 — upper quartile; 4 — median; 5 — lower quartile; 6 — min. value

жить близость данной выборки к нормальному распределению. Проверка гипотезы о нормальном распределении показателя  $B_R$  по критерию согласия Пирсона ( $K_{набл} = 11,07 < K_{кр} = 15,85$ ) показала, что нет оснований отвергать данную гипотезу. С вероятностью 0,95 можно утверждать, что среднее значение ширины захвата  $B_R$  граблей лесных при выборке большего объема не выйдет за пределы доверительного интервала 1685,031...1943,436.

В целом отечественные производители осуществляют выпуск преимущественно граблей лесных, агрегируемых с тракторами общего (в редких случаях — лесохозяйственного) назначения (с мощностью двигателя 60(81)...96(130) кВт(л.с.)), которые позволяют выполнять лишь сгребание порубочных остатков. При этом для указанных технических средств отмечены некоторые общие черты, а именно: крепление на переднюю/заднюю навеску трактора и традиционный (выполненный по дуге) профиль рабочих элементов (например, МТЗ Горыныч Т15, Россия; рис. 3, а).

Некоторые белорусские производители технических средств по сгребанию НДКР (ООО «Иноватек», «ИНТАТЕХГРУП», «МТЗ-ХОЛДИНГ», ООО «Евромаш», «Техмаш») выпускают, на наш взгляд, фактически идентичные по назначению и области применения грабли лесные. Их конструктивные (ширина захвата 2300...2500 мм, ломаный профиль — пять рабочих элементов) и кинематические (с предохранительными устройствами) особенности позволяют осуществлять формирование валов и куч из порубочных остатков без повреждения верхнего слоя почвы и при свободном преодолении препятствий в виде камней и/или пней высотой до 230...380 мм (напри-



**Рис. 3.** Примеры характерных технических средств сбора и сгребания нежелательной древесно-кустарниковой растительности  
**Fig. 3.** Examples of typical technical means for collecting and raking unwanted tree and shrub vegetation

мер, устройство ЗПИ производство «Инноватек», см. рис. 3, б; EM-2200, производство «Евромаш» [26], рис. 3, в).

Дополнительно констатируем, что российские и белорусские производители выпускают ограниченное (около 10) количество моделей граблей лесных, среди которых можно отметить лесные грабли ЛГ 82/2 (Россия) с наименьшим (среди всех выявленных нами в данном исследовании) количеством рабочих элементов (зубьев)  $Z = 2$ .

Отдельное внимание следует уделить граблям лесным зарубежного производства. Выполненным исследованиями было определено, что производители ряда стран (Advanced Forest Equipment Inc., Bedrock Machinery, Caterpillar Inc., Dymax Inc., East Attachments, Fleco Attachments, Jenkins Iron & Steel, K&A Fabrication, Kenco, Leading Edge Attachments Inc., Lowy Manufacturing Inc. Ransome, Solesbee, Steel Unlimited Inc., TAG Manufacturing Inc., Wallace Attachments, США; Digga, Gardner Engineering, Homan, Norm Engineering, Австралия; A. Hirvonen Oy, Aqua-

mec Ltd, Финляндия; WesttecH Maschinenbau GmbH, Австрия; Keen Attachments Ltd, JF Hudson Ltd, Великобритания; GRT Hire, Ирландия; Gryb, Nye Manufacturing Ltd., TRK Attachments Inc., Weldco-Beales Manufacturing, Канада; Yantai Jiangtu, Китай; Fravizel Engineering, Португалия; Erdvark Engineering, ЮАР) выпускают грабли лесные, агрегируемые как с тракторами, так и с многофункциональными машинами (в том числе погрузчиками и мини-погрузчиками, а также специализированными шасси).

В частности, выявлено, что при установке граблей лесных на многофункциональных машинах на базе шасси «экскаватора» (с закреплением рассматриваемых средств механизации на конце рукояти стрелы-манипулятора) особенностью технических средств сбора и сгребания нежелательной растительности является переменное (по длине) сечение зубьев, а также нередкое применение сменных наконечников зубьев. В качестве примера отметим выпускаемые компанией Leading Edge Attachments Inc. (для многофункциональных

машин массой 4...80 т) «линейку» грабель лесных Fang Rake [27] с интервалом габаритных размеров (ширина×длина, при этом длина измеряется от центра оси стержня до конца рабочего элемента-зуба) 750×800...1450×2100 мм и массой 145...2685 кг (рис. 3, *з*), а также производимые компанией Fravizel Engineering для многофункциональных машин массой 7...32 т лесные грабли Forest Rake массой 70...1400 кг различной ширины захвата и количества зубьев (рис. 3, *д*).

Кроме традиционного (выполненного по дуге) профиля рабочих элементов (например, грабли Series II Stacking Rake компании Wallace Attachments с длинными изогнутыми зубьями, облегчающими сгребание и последующую транспортировку удаляемой растительности) был отмечен ряд грабель лесных, форма зубьев которых позволяет использовать их как в тянущем, так и в толкающем движениях (фактически они универсальные по направлению воздействия). Так, австралийской компанией Digga предлагаются грабли лесные Digga Stick Rake (рис. 3, *е*), предназначенные для быстрой уборки порубочных остатков с возможностью одновременного просеивания почвы и/или камней [28].

Отдельно выделим быстросъемные лесные грабли, которые можно устанавливать на многофункциональные машины различных типов через специальные адаптеры, обеспечивая таким образом стремительное (фактически нередко в пределах 5...10 с), легкое (участие человека-оператора ограничивается дистанционным управлением органами многофункциональной машины) и эффективное закрепление грабель лесных (например, «линейка» моделей накладных грабель Kenco Dozer Brush Rake [29] с шириной захвата 2400...3600 мм; рис. 3, *ж*).

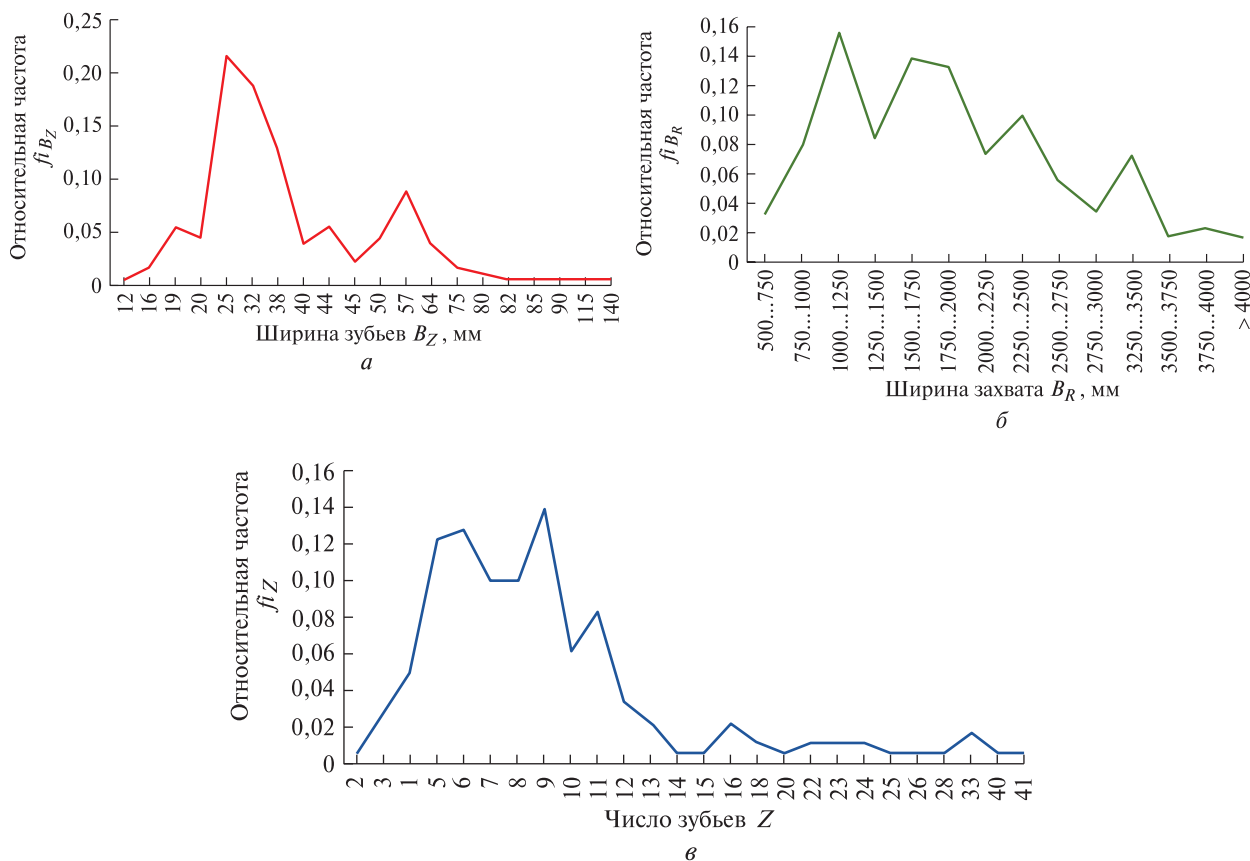
Многими зарубежными компаниями (Dymax Inc, K&A Fabrication, WesttecH Maschinenbau GmbH, A. Hirvonen Oy, Keen Attachments Ltd, Advanced Forest Equipment Inc. и др.) предлагаются грабли лесные, снабженные одной или несколькими дополнительными захватно-прижимными лапами, управляемыми совместно или раздельно друг от друга и агрегируемых с многоцелевыми погрузчиками (например, «линейка» моделей грабель лесных Ransome Loader Stacking Rake, шириной захвата 1950...3000 мм и массой 340...920 кг; рис. 3, *з*) или многофункциональными машинами (например, Fravizel Grab Bucket Excavator, шириной захвата 1200...2500 мм и массой 1200...3500 кг; рис. 3, *и*). Указанное конструктивное решение позволяет повысить эффективность сгребания нежелательной растительности при одновременной (или отложенной по времени) возможности ее сбора и погрузки в кузов транспортного средства.

Для более тщательной очистки территории от нежелательной растительности некоторые компании предлагают дополнительное навесное оборудование, агрегируемое с основными граблями лесными. В частности, компанией WesttecH Maschinenbau GmbH (Австрия) в дополнение к граблям Clearing Rake Woodcracker G (шириной захвата 850...1650 мм, массой 585...1610 кг, агрегируемых с многофункциональными машинами массой 7,5...25 т) осуществляется выпуск лесной щетки (рис. 3, *к*), навешиваемой на зубья вышеозначенных грабель и позволяющей сгребать тонкомерную поросль [30].

Кроме навесных грабель, зарубежными производителями предлагаются и прицепные грабли, агрегируемые как с тракторами общего, так и специального назначения (например, четырехсекционные Fravizel Brush Rake [31], рис. 3, *л*). Однако нами установлено сравнительно небольшое количество коммерческих предложений прицепных средств механизации для удаления порубочных остатков НДКР.

Выполненный обзор технических средств сбора и сгребания порубочных остатков нежелательной древесно-кустарниковой растительности позволил определить полигоны эмпирических частот по ширине зубьев  $f_{ib_z} = B_z / \bar{B}_z$  (рис. 4, *а*), ширине захвата  $f_{ib_R} = B_R / \bar{B}_R$  (рис. 4, *б*) и количеству зубьев  $f_{iz} = Z / \bar{Z}$  (рис. 4, *в*). Анализ указанных полигонов, сформированных относительно общего количества принятых в исследование моделей грабель лесных по соответствующим их параметрам (для ширины зубьев  $-\bar{B}_z$ , ширины захвата  $-\bar{B}_R$ , количества зубьев  $-\bar{Z}$ ), показал следующее.

Во многом ширина зубьев грабель лесных кратна дюймовой (1 дюйм = 25,4 мм), а не метрической системе измерений, что объясняется распространенностью исследуемых технических средств в зарубежных (в первую очередь англоязычных) странах. Около 22 % моделей грабель лесных имеют ширину зубьев  $B_z = 1'' = 25,4$  мм, около 19 % —  $B_z = 1,25'' = 31,75$  мм и около 5 % —  $B_z = 0,75'' = 19,05$  мм. С учетом «русского» размера  $B_z = 20$  мм ( $\approx 5$  %) можно отметить, что около 50 % моделей грабель лесных, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, имеют ширину зубьев в диапазоне  $B_z = 19...32$  мм. Вполне логичным и объяснимым удобством применения в стесненных лесных условиях признано распространение грабель лесных с шириной захвата  $B_R = 1000...2000$  мм ( $\approx 51$  %), однако обращает на себя внимание востребованность как узких ( $B_R \leq 1000$  мм;  $\approx 10$  % всех моделей), так и широких ( $B_R > 3000$  мм;  $\approx 12$  %) грабель лесных. Учитывая возможность работы исследуемых технических средств в



**Рис. 4.** Полигоны эмпирических частот основных конструктивных параметров граблей лесных: *a* — по ширине зубьев; *б* — по ширине захвата; *в* — по количеству зубьев

**Fig. 4.** Polygons of empirical frequencies of the main design parameters of forest rakes: *a* — along the width of the teeth; *б* — along the working width; *в* — by number of teeth

ограниченном для их маневров пространстве, только около 25 % всех моделей граблей лесных обладают количеством зубьев  $Z = 5$  или  $Z = 6$ , а у более 58 % —  $Z = 5 \dots 9$ .

В целом на общую конструкцию граблей лесных и, как следствие, на возможность выполнения ими объема работ требуемого содержания и надлежащего качества влияют группы параметров, связанных как с конструктивно-технологическими характеристиками рассматриваемых граблей, так и базовых транспортных средств, а также с различными факторами окружающей среды (в том числе — характеристиками территории, подлежащей очистке).

Однако при этом в рамках данного исследования выявлено отсутствие классификации рассматриваемых технических средств, которая бы:

- позволила структурировать все разнообразие технических средств сбора и сгребания нежелательной растительности;

- была полезной при их выборе и назначении для осуществления работ по очистке территорий от НДКР;

- предоставила возможность индивидуальной идентификации отдельных экземпляров таких технических средств;

- обеспечила эффективный поиск направлений перспективного развития машин и оборудования для расчистки лесных земель.

Таким образом, исходя из проведенного анализа и на основании полученных данных нами была разработана классификация граблей лесных (рис. 5), принимая во внимание, что более целесообразна классификация по конструктивно-технологическим параметрам, что обусловлено широким многообразием форм применения данных технических средств, в свою очередь предопределяющим очень разветвленную классификационную структуру, которая усложнит анализ и создаст трудности при обобщении имеющихся признаков. При классифицировании рассматриваемых технических средств были выделено три первичных классификационных признака, семь вторичных, пять классификационных признаков третьего уровня, два — четвертого уровня и 36 классификационных рядов (с учетом

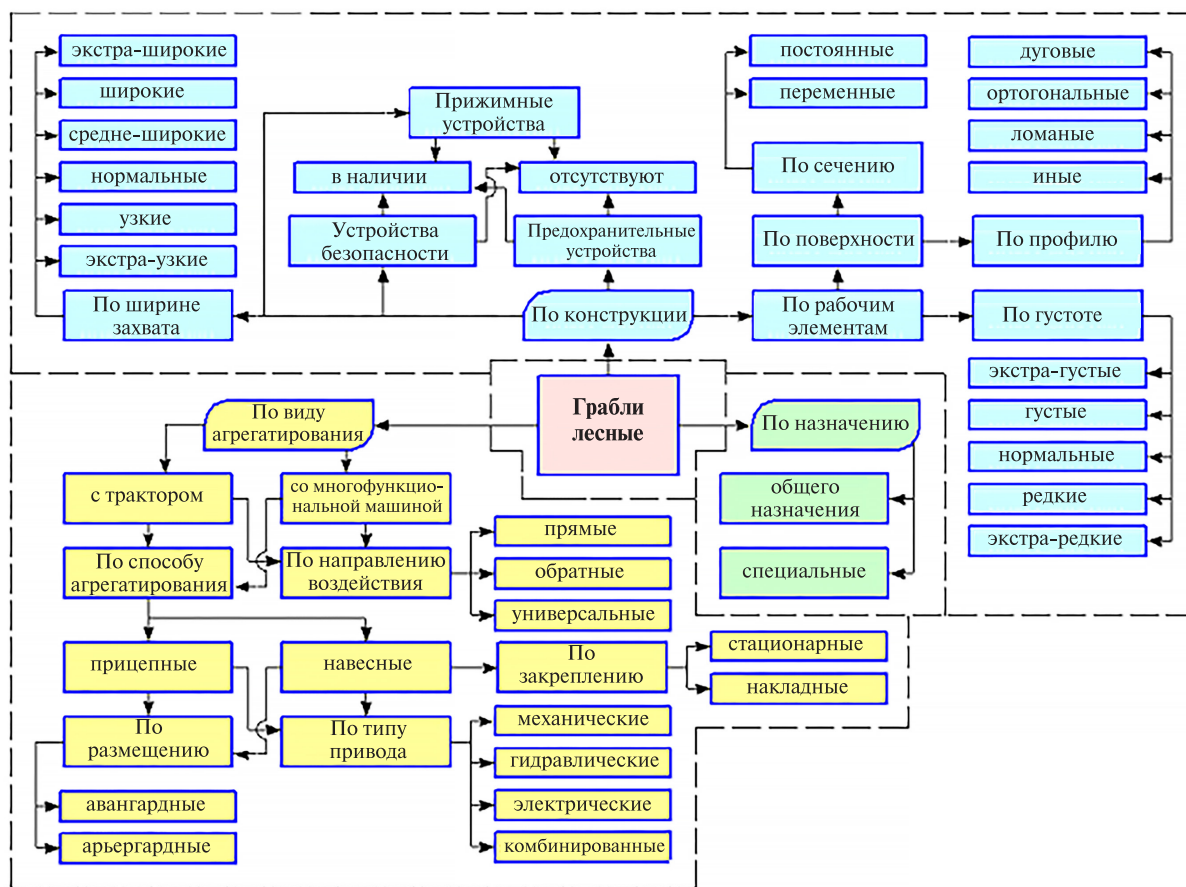


Рис. 5. Классификация граблей лесных  
 Fig. 5. Forest rake classification

эффекта фасетной структуры). Наибольший уровень иерархии полученной классификационной структуры оказался равным шести.

В качестве примера приведем следующую классификацию некоторых рассмотренных отечественных и зарубежных граблей лесных:

– МТЗ Горыныч Т15 (Россия, см. рис. 3, а): навесные, стационарные, авангардные по размещению, нормальные по ширине, редкие по густоте лесные грабли общего назначения, агрегируемые с трактором, гидравлического привода, прямого воздействия, с дугвым профилем переменного сечения поверхности зубьев;

– Digga Stick Rake (Австралия, см. рис. 3, е): навесные, стационарные, средне-широкие, густые грабли лесные общего назначения, агрегируемые с многофункциональной машиной, гидравлического привода, универсального воздействия, с дугвым профилем постоянного сечения поверхности зубьев;

– Clearing Rake Woodcracker G1250 (Австрия, см. рис. 3, к): навесные, стационарные, нормальные по ширине и густоте грабли лесные общего назначения, агрегируемые с многофункциональной машиной, гидравлического привода,

обратного воздействия, с ортогональным профилем переменного сечения поверхности зубьев и наличием прижимных устройств;

– Fravizel Brush Rake (Португалия, см. рис. 3, л): прицепные, стационарные, арьергардные по размещению, средне-широкие, густые грабли лесные общего назначения, агрегируемые с трактором, гидравлического привода, обратного воздействия, с дугвым профилем переменного сечения поверхности зубьев.

Предложенная классификация граблей лесных позволяет систематизировать выпускаемые ныне (а также произведенные ранее и перспективные) технические средства сбора и сгребания порубочных остатков НДКР по многочисленным признакам, связанным как с параметрами рассматриваемых средств механизации, так и с параметрами базовых транспортных средств, а также с окружающей средой. При организации работ по удалению указанной растительности предприятия и организации, ответственные за надлежащее содержание территорий различных объектов, смогут обоснованно назначать модели граблей лесных, оптимально подходящих к конкретным условиям их при-



менения. На основе разработанной классификации грабель лесных возможно создание базы данных имеющихся конструктивных решений технических средств сбора и сгребания порубочных остатков, разработок и математических моделей соответствующих рабочих процессов НДКР с территориями инфраструктурных объектов.

## Выводы

1. Удаление порубочных остатков нежелательной древесно-кустарниковой растительности с различных территорий традиционно осуществлялось кустарниковыми граблями, снятыми ныне с производства, при этом масштабных исследований современных технических средств сбора и сгребания порубочных остатков до настоящего времени не проводилось.

2. Для введения в практику организации работ по удалению НДКР рекомендовано относить технические средства по сбору и сгребанию порубочных остатков к категории «грабли лесные». Обосновано их определение и выявлена область применения.

3. Качественными характеристиками грабель лесных являются ширина захвата, количество и ширина рабочих элементов (зубьев).

4. Отечественная промышленность выпускает ограниченное (лишь около 10) количество моделей грабель лесных.

5. Около 50 % моделей грабель лесных, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, имеют ширину зубьев в диапазоне  $B_z = 19 \dots 32$  мм, ширину захвата  $B_R = 1000 \dots 2000$  мм ( $\approx 51$  %), около 25 % всех моделей грабель лесных обладают количеством зубьев  $Z = 5$  или  $Z = 6$ , а у более чем 58 % —  $Z = 5 \dots 9$ .

6. Впервые разработанная классификация технических средств сбора и сгребания порубочных остатков, выполненная по принципу иерархии, предусматривает несколько первичных классификационных признаков, а также 36 классификационных рядов, полученных с учетом эффекта фасетной структуры, при этом наибольший уровень иерархии полученной классификационной структуры составил шесть.

7. Классификация грабель лесных позволяет систематизировать выпускаемые ныне (а также существующие и планируемые к производству) разнообразные технические средства сбора и сгребания порубочных остатков НДКР по многочисленным признакам, предоставляя при этом возможность обоснованного выбора и назначения грабель лесных для осуществления работ по очистке территорий от нежелательной растительности, а также визуализацию направлений перспективного развития машин и оборудования для расчистки лесных земель.

## Список литературы

- [1] Абакумов Г.В. Элементы транспортной инфраструктуры. Автомобильные дороги: монография. Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2012. 101 с.
- [2] Солодкий А.И., Горев А.Э., Бондарева Э.Д. Транспортная инфраструктура: учебник. М.: Юрайт, 2020. 290 с.
- [3] Apattsev V., Aksenov V., Zavyalov A. Upgrading technological processes of operating the railway infrastructure facilities // MATEC Web of Conferences, 2018, p. 04010. DOI: 10.1051/mateconf/201823904010
- [4] Баргенов И.М., Драпалюк М.В., Казаков В.И. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: монография. М.: ФЛИНТА-Наука, 2013. 208 с.
- [5] Мохирев А.П., Зырянов М.А., Безруких Ю.А. Современные технологии заготовки и переработки древесной биомассы на стадии лесозаготовительного производства. Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2015. 73 с.
- [6] Элькин С.Ю., Сафонов В.В., Полупанов И.Т. Оснастка и технология восстановления зубьев поперечных грабель // Научное обозрение, 2011. № 6. С. 32–38.
- [7] Силаев Г.В. Машины и механизмы в лесном и лесопарковом хозяйстве: в 2 ч. Часть 2. М.: Юрайт, 2020. 229 с.
- [8] Пятакин В.И. Технология и машины лесосечных работ / под ред. В.И. Пятакина. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2012. 362 с.
- [9] Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб: Изд-во Профи-Информ, 2005. 344 с.
- [10] Винокуров В.Н., Еремин Н.В. Система машин в лесном хозяйстве / под ред. В.Н. Винокурова. М.: Академия, 2004. 320 с.
- [11] Кононович Д.А., Мохов С.П., Симанович В.А. Анализ конструктивных особенностей машин для сбора лесосечных отходов // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 2016. № 2 (184). С. 31–35.
- [12] Платонов А.А. Аутсорсинг в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры // Научное обозрение, 2017. № 8. С. 68–73.
- [13] Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 февраля 2010 г. № 334р «Передача на сетевой аутсорсинг 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». URL: <https://jd-doc.ru/2010/fevral-2010/6902-gasporyazhenie-oao-rzhd-ot-17-02-2010-n-334r> (дата обращения 15.07.22).
- [14] Ersson B.T., Platonov A., Zimarin S.V. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions», 2020, p. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/595/1/012022
- [15] Тикачев В.И. Машины для измельчения древесины // ЛесПромИнформ, 2010. № 2 (68). С. 92–104.
- [16] Тикачев В.И. Мульчеры и измельчители пней // ЛесПромИнформ, 2010. № 4 (70). С. 76–81.
- [17] Ивашев М.В. Научные основы совершенствования машин для удаления древесно-кустарниковой растительности при непрерывном движении базового трактора: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01. Петро-заводск, 2019. 36 с.

- [18] Ширнин Ю.А., Рукомойников К.П., Гайсин И.Г., Ширнин А.Ю. Обоснование необходимости развития стратегии технологических процессов лесопользования на лесных плантациях // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 3. С. 49–57. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-3-49-57
- [19] Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2013, vol. 28, no. 8, pp. 758–774. DOI: 10.1080/02827581.2013.838299
- [20] Григорьев И.В., Куницкая О.А., Рудов С.Е., Давтян А.Б. Технология и система машин для раз рубки трасс линейных объектов // Энергия: экономика, техника, экология, 2019. № 10. С. 62–68.
- [21] Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A., Karpacheva I.P. Simulation studies on line intersect sampling of residues left after cut-to-length logging // *Croatian J. of Forest Engineering*, 2020, vol. 41, no. 1, pp. 95–107. DOI: 10.5552/crojfe.2020.531
- [22] Norris C.E., Hogg K.E., Maynard D.G., Curran M.P. Stumping trials in British Columbia – organic matter removal and compaction effects on tree growth from seedlings to midrotation stands // *Canadian J. of Forest Research*, 2014, vol. 44, no. 11, pp. 1402–1418. DOI: 10.1139/cjfr-2014-0168
- [23] Pergola M.T., Saulino L., Castellana M. Towards sustainable management of forest residues in the southern Apennine Mediterranean mountain forests: a scenario-based approach // *Annals of Forest Science*, 2022, v. 79, p. 14. DOI: 10.1186/s13595-022-01128-w
- [24] Ranius T., Hämäläinen A., Egnell G. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis // *J. of Environmental Management*, 2018, v. 209, pp. 409–425. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.12.048
- [25] Waters C.M., Gonsalves L., Law B. The effect of thinning on structural attributes of a low rainfall forest in eastern Australia // *Forest Ecology and Management*, 2018, v. 409, pp. 571–583. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.054
- [26] Грабли лесные EM 2200. ООО «Завод Евромаш». URL: [https://www.evromash.com/catalog/navesnoe\\_oborudovanie/grabli.html#tabs](https://www.evromash.com/catalog/navesnoe_oborudovanie/grabli.html#tabs) (дата обращения 15.07.22).
- [27] Fang Rake. Leading Edge Attachments. URL: <https://www.digrock.com/fang-raketm/> (дата обращения 17.07.22).
- [28] Excavator stick rake. Digga Manufacturing. URL: <https://www.digga.com/stick-rake-excavator.html> (дата обращения 17.07.22).
- [29] Kenco Brush & Debris Rake. Kenco Corporation. URL: <https://kenco.com/products/brush-debris-rake/> (дата обращения 17.07.22).
- [30] Der Roderechen Woodcracker G. Westtech Maschinenbau GmbH. URL: <https://www.westtech.at/prod/woodcracker-g/> (дата обращения 17.07.22).
- [31] Alfaia De Rechega. Fravizel Engineering. URL: <https://www.fravizel.com/pt/produtos/funcao/limpeza-de-terras/alfaia-de-rechega-131> (дата обращения 17.07.22).

## Сведения об авторе

**Платонов Алексей Александрович** — канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», [raa7@rambler.ru](mailto:raa7@rambler.ru)

Поступила в редакцию 28.09.2022.

Одобрено после рецензирования 14.04.2023.

Принята к публикации 23.08.2023.

## FOREST RAKE: PURPOSE, FIELD OF APPLICATION, CLASSIFICATION

A.A. Platonov

Rostov State Transport University, 2, Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, 344038, Rostov-on-Don, Russia

paa7@rambler.ru

The current state of technical means of mechanization to collect and rake groundwood both in Russia and in the world is considered. It is recommended to specify these technical means as «a forest rake», their definition is substantiated and the application area is identified. It is revealed that the qualitative characteristics of a forest rake are the span, as well as the number and width of working elements (teeth). It was revealed that about 50 % of forest rake models produced by domestic and foreign industries have a tooth width in the range of 19...32 mm, and a span of 1000...2000 mm ( $\approx 51$  %), about 25 % of all forest rake models have 6, and more than 58 % with the number of teeth 5...9. The first developed classification of forest rakes provides 3 primary classification features with the highest level of hierarchy of the resulting classification tree, equal to 6. The results of the study can be used by manufacturing enterprises involved in the maintenance and operation of the territories of various objects.

**Keywords:** unwanted vegetation, removal, mechanization, forest rakes, classification, characteristics

**Suggested citation:** Platonov A.A. *Grabli lesnye: naznachenie, oblast' primeneniya, klassifikatsiya* [Forest rake: purpose, field of application, classification]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 6, pp. 139–150. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-139-150

### References

- [1] Abakumov G.V. *Elementy transportnoy infrastruktury. Avtomobil'nyye dorogi* [Transport infrastructure elements. Highways]. Tyumen: TyumNGGU, 2012, 101 p.
- [2] Solodkiy A.I., Gorev A.E., Bondareva E.D. *Transportnaya infrastruktura* [Transport infrastructure]. Moscow: Yurayt, 2020, 290 p.
- [3] Apattsev V., Aksenov V., Zavyalov A. Upgrading technological processes of operating the railway infrastructure facilities. *MATEC Web of Conferences*, 2018, p. 04010. DOI: 10.1051/mateconf/201823904010
- [4] Bartenev I.M., Drapalyuk M.V., Kazakov V.I. *Sovershenstvovaniye tekhnologiy i sredstv mekhanizatsii lesovosstanovleniya* [Improvement of technologies and means of reforestation mechanization]. Moscow: FLINTA-Nauka, 2013, 208 p.
- [5] Mokhiev A.P., Zyryanov M.A., Bezrukikh Yu.A. *Sovremennyye tekhnologii zagotovki i pererabotki drevesnoy biomassy na stadii lesozagotovitel' nogo proizvodstva* [Modern technologies of harvesting and processing of woody biomass at the stage of logging production]. Krasnoyarsk: SibSTU, 2015, 73 p.
- [6] Elkin S.Yu., Safonov V.V., Polupanov I.T. *Osnastka i tekhnologiya vosstanovleniya zub'yev poperechnykh grabel'* [Tooling and technology for restoring the teeth of the transverse rake]. *Nauchnoye obozreniye* [Scientific Review], 2011, no. 6, pp. 32–38.
- [7] Silaev G.V. *Mashiny i mekhanizmy v lesnom i lesoparkovom khozyaystve: v 2 chastyakh. Chast' 2* [Machines and mechanisms in forestry and forestry: in 2 hours. Part 2]. Moscow: Yurayt, 2020, 229 p.
- [8] Patyakin V.I. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and machines of logging operations]. Saint Petersburg: SPbGLTU, 2012, 362 p.
- [9] Shegelman I.R., Skrypnik V.I., Galaktionov O.N. *Tekhnicheskoye osnashcheniye sovremennykh lesozagotovok* [Technical equipment for modern logging]. Saint Petersburg: Profi-Inform, 2005, 344 p.
- [10] Vinokurov V.N. *Sistema mashin v lesnom khozyaystve* [System of machines in forestry]. Moscow: Academy, 2004, 320 p.
- [11] Kononovich D.A., Mokhov S.P., Simanovich V.A. *Analiz konstruktivnykh osobennostey mashin dlya sbora lesosechnykh otkhodov* [Analysis of the design features of machines for collecting logging waste]. *Trudy BGTU. № 2. Lesnaya i derevobrabatывayushchaya promyshlennost'* [Proceedings of BSTU. Vol. 2. Timber and woodworking industry], 2016, no. 2 (184), pp. 31–35.
- [12] Platonov A.A. *Autsorsing v oblasti bor'by s nezhelatel'noy rastitel'nost'yu na ekspluatatsionnykh ob'yektakh infrastruktury* [Outsourcing in the field of combating unwanted vegetation at operational infrastructure facilities]. *Nauchnoye obozreniye* [Scientific Review], 2017, no. 8, pp. 68–73.
- [13] Order of JSC «Russian Railways» dated February 17, 2010 no. 334r «Transfer to network outsourcing of works (services) in the field of protective afforestation, maintenance of land plots of the right-of-way and protected zones, landscaping and improvement, combating unwanted vegetation at operational infrastructure facilities». Available at: <https://jd-doc.ru/2010/fevral-2010/6902-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-17-02-2010-n-334r> (accessed 15.07.22).
- [14] Ersson B.T., Platonov A., Zimarin S.V. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions»*, 2020, p. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/595/1/012022
- [15] Tikachev V.I. *Mashiny dlya izmel'cheniya drevesiny* [Wood chipping machines]. *LesPromInform*, 2010, no. 2(68), pp. 92–104.
- [16] Tikachev V.I. *Mul'chery i izmel'chiteli pney* [Mulchers and stump grinders]. *LesPromInform*, 2010, no. 4(70), pp. 76–81.
- [17] Ivashnev M.V. *Nauchnyye osnovy sovershenstvovaniya mashin dlya udaleniya drevesno-kustarnikovoy rastitel'nosti pri nepreryvnom dvizhenii bazovogo traktora* [Scientific basis for improving machines for removing trees and shrubs with continuous movement of the base tractor]. *Dis. Dr. Sci. (Tech.) 05.21.01. Petrozavodsk*, 2019, 36 p.
- [18] Shirnin Y.A., Gaisin I.G., Rukomojnikov K.P., Shirnin A.Y. *Obosnovaniye neobходимosti razvitiya strategii tekhnologicheskikh processov lesopol'zovaniya na lesnykh plantatsiyah* [Strategy for technological processes of forest management in forest plantations]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 3, pp. 49–57. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-3-49-57

- [19] Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2013, v. 28, no. 8, pp. 758–774. DOI: 10.1080/02827581.2013.838299
- [20] Grigoriev I.V., Kunitskaya O.A., Rudov S.E. *Tekhnologiya i sistema mashin dlya razrubki trass lineynykh ob'yektov* [Technology and system of machines for cutting lines of linear objects]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: economics, technology, ecology], 2019, no. 10, pp. 62–68. DOI: 10.7868/S0233361919100082
- [21] Karpachev S.P., Zaprudnov V.I., Bykovskiy M.A. Simulation studies on line intersect sampling of residues left after cut-to-length logging. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2020, vol. 41, no. 1, pp. 95–107. DOI: 10.5552/crojfe.2020.531
- [22] Norris C.E., Hogg K.E., Maynard D.G. et al. Stumping trials in British Columbia — organic matter removal and compaction effects on tree growth from seedlings to midrotation stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 2014, vol. 44, no. 11, pp. 1402–1418. DOI: 10.1139/cjfr-2014-0168
- [23] Pergola M.T., Saulino L., Castellaneta M. et al. Towards sustainable management of forest residues in the southern Apennine Mediterranean mountain forests: a scenario-based approach. *Annals of Forest Science*, 2022, v. 79, p. 14. DOI: 10.1186/s13595-022-01128-w
- [24] Ranius T., Hämäläinen A., Egnell G. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *J. of Environmental Management*, 2018, vol. 209, pp. 409–425. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.12.048
- [25] Waters C.M., Gonsalves L., Law B. The effect of thinning on structural attributes of a low rainfall forest in eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 2018, v. 409, pp. 571–583. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.11.054
- [26] Forest rake EM 2200. Euromash Plant LLC. Available at: [https://www.evromash.com/catalog/navesnoe\\_oborudovanie/grabli.html#tabs](https://www.evromash.com/catalog/navesnoe_oborudovanie/grabli.html#tabs) (accessed 15.07.22).
- [27] Fang Rake. Leading Edge Attachments. Available at: <https://www.digrock.com/fang-raketm/> (accessed 17.07.22).
- [28] Excavator stick rake. Digga Manufacturing. Available at: <https://www.digga.com/stick-rake-excavator.html> (accessed 17.07.22).
- [29] Kenco Brush & Debris Rake. Kenco Corporation. Available at: <https://kenco.com/products/brush-debris-rake/> (accessed 17.07.22).
- [30] Der Roderechen Woodcracker G. Westtech Maschinenbau GmbH. Available at: <https://www.westtech.at/prod/woodcracker-g/> (accessed 17.07.22).
- [31] Alfaia De Rechega. Fravizel Engineering. Available at: <https://www.fravizel.com/pt/produtos/funcao/limpeza-de-terras/alfaia-de-rechega-131> (accessed 17.07.22).

## Author's information

**Platonov Aleksey Aleksandrovich** — Cand. Sci. (Tech.), Associated Professor of the Rostov State Transport University, paa7@rambler.ru

Received 28.09.2022.

Approved after review 14.04.2023.

Accepted for publication 23.08.2023.