

УДК 629.1.04

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ****Егоров А.Л., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Ловков Д.А.***ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: matveevaad@tyuiu.ru*

В статье рассмотрено развитие строительства дорог, большинство из которых проходят через леса. В связи с этим при строительстве магистралей, транспортных узлов возникает необходимость вырубки большого количества деревьев и кустарников. Рассмотрена актуальность создание универсальных машин, которые выполняют сразу несколько операций, что позволяет экономить время и материальные ресурсы заказчика, и самое главное – наносят меньше вреда окружающей среде. Описаны основные элементы технологического цикла валочно-пакетирующей машины. Произведена модернизация валочно-пакетирующей машины за счет усовершенствования захватно-срезающего устройства. Выполнены необходимые расчеты. Определены геометрические характеристики сечения захватного рычага. Добавлены дополнительные пары захватных рычагов, что позволило увеличить количество захватываемых деревьев до 7 шт., тем самым повысив производительность валочно-пакетирующей машины на 7%.

**Ключевые слова:** валочно-пакетирующая машина, захватно-срезающее устройство, захватные рычаги, лесозаготовка, древесина, модернизация

**MODERNIZATION FELLER BUNCHERS****Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Lovkov D.A.***Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: matveevaad@tyuiu.ru*

The article deals with the development of the construction of roads, most of which pass through the forest. In this connection, in the construction of highways, transportation hubs is necessary a large number of cutting trees and shrubs. The actual creation of multipurpose machines, which perform multiple operations, saving time and material resources of the customer, and most importantly – do less harm to the environment. The basic elements of the technological cycle feller buncher. Modernization of feller buncher by improving pick-shear device. Perform the necessary calculations. The geometric characteristics of the cross section of the gripper arm. Added additional pair of gripper arms, which increased the number of captured trees up to 7 pcs., Thereby increasing productivity feller buncher by 7%.

**Keywords:** Feller-Buncher, pick-shear device, the gripping arms, timber, wood, modernization

Российская Федерация активно осваивает новые территории. Для их развития необходимо строительство дорог, большинство из которых проходят через леса. В связи с этим при строительстве магистралей, транспортных узлов возникает необходимость вырубки большого количества деревьев и кустарников. Для облегчения данного процесса используется различная лесосечная техника, применение таких машин позволяет сократить время расчистки территории и вывоза сырья к месту его переработки. Такую технику целесообразно применять в комплексе. То есть машины выполняют сразу несколько операций, начиная от валки деревьев, заканчивая их разгрузкой на пункте приема. Как правило, формируются бригады рабочих. Особенностью таких работ является взаимопомощь, совмещение рабочих профессий и взаимозаменяемость в работе. Это приводит к снижению утомляемости рабочих, повышается коллективная заинтересованность всех членов бригады в выполнении задания, уменьшаются простои оборудования, что позволяет повысить производительность труда на 10–15% [1].

При разработке новых просек составляется карта технологического процесса, исходя из исследования леса, выбирается технология его рубки. В Российской Федерации много разновидностей лесов. В соответствии с экономическим, экологическим и социальным значением участков лесного фонда, их местоположением и выполняемыми ими функциями производится разделение лесного фонда по категориям лесов.

Технологический процесс определяется числом операций, выполняемых на лесосеке, характером этих операций и последовательностью их выполнения.

Полученная в ходе разработки участка, древесина поставляется на деревообрабатывающие заводы. Изначально древесину использовали в качестве топлива, затем – строительного материала, позднее – для изготовления бумаги, нужд химического производства и многого другого. На сегодняшний день она считается самым экологически чистым и безопасным материалом. Однако ее добыча – это очень трудоемкий и затратный процесс. Он включает в себя различные виды работ. Поэтому создаются новые универсальные машины,

которые выполняют сразу несколько операций, что позволяет экономить время и материальные ресурсы заказчика, и самое главное – наносят меньше вреда окружающей среде.

Одна из таких машин – валочно-пакетирующая машина (ВПМ), сконструирована на базе одноковшового экскаватора. Машина предназначена для срезания деревьев и укладки их в пачки, удобные для трелевки. Внешнее устройство машины аналогично устройству экскаватора, только вместо ковша имеется механизм для захвата и срезания деревьев.

Такой вид машин получил название машины манипуляторного типа. Они позволяют разрабатывать ленту в два раза больше длины манипулятора, за счет большого вылета, что позволяет в значительной мере сохранить молодой подросток. ВПМ относят к широкозахватным машинам и позволяют с одного захода спиливать несколько деревьев.

В зависимости от характеристик машины их могут использовать для рубки деревьев с различным диаметром стволов. Обычно это 0,5–0,6 м на высоте 1,0–1,5 м от земли, расположенных преимущественно на равнинной местности, реже в слабохолмистой с максимальным уклоном 15–20°, на грунтах, несущая способность которых выдерживает работу машины со средним статическим давлением

до 0,1 МПа, при высоте снежного покрова до 1 м. ВПМ состоит из следующих основных узлов [1]:

- базовый гусеничный или колесный трактор;
- манипулятор (навесное технологическое оборудование);
- гидросистема;
- ходовая часть;
- опорно-поворотное устройство;
- поворотная платформа с кабиной;
- система управления;
- захватно-срезающее устройство (ЗСУ).

Все рабочее оборудование машины работает за счет гидравлического привода (рис. 1) [1].

Основные этапы работы ВПМ представлены на рис. 2 [1].

Машина является начальным звеном в системе работы лесосечных машин: валочно-пакетирующая машина – трелевочный трактор – сучкорезная машина – челюстной погрузчик, что позволяет выполнять лесосечные работы на основе комплексной механизации без применения ручного труда [2].

Встречаются различные разновидности ВПМ. Их классификация в основном производится по двум критериям. Это тип ходового оборудования:

- гусеничный;
- колесный.

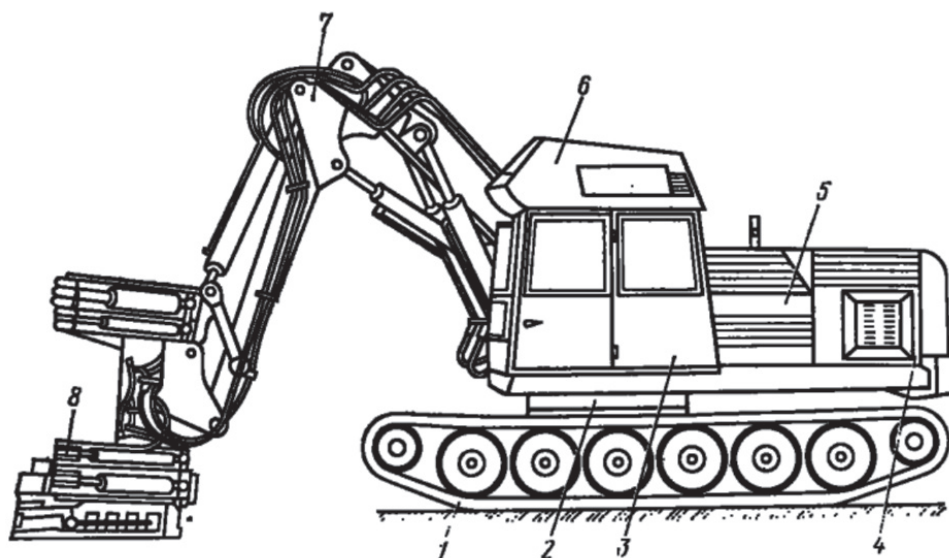


Рис. 1. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19Б, где 1 – ходовая часть машины; 2 – рама с опорно-поворотным устройством и поворотной платформой; 3 – кабина оператора; 4 – силовая установка; 5 – отсек гидросистемы; 6 – кондиционер; 7 – манипулятор; 8 – захватно-срезающее устройство (ЗСУ)

					
Наводка ЗСУ на дерево	Зажим дерева	Срезание	Перенос дерева	Поворот платформы с деревом	Укладка дерева в пачку

Рис. 2. Основные элементы технологического цикла

И направление манипуляций технологического процесса:

- полноповоротные;
- фронтальные;
- фланговые.

Как и все транспортные средства, валочно-пакетирующая машина имеет свои преимущества и недостатки.

К преимуществам данной техники можно отнести:

- универсальность;
- выполнение нескольких операций;
- возможность применения сменного оборудования;
- наличие большой базы технической документации;
- автоматический контроль за всеми системами;
- экономичность в сравнении с зарубежными аналогами;
- местное производство, что позволяет в кратчайшие сроки доставать нужные запасные части, документацию для улучшения работы каких-либо узлов, возможность непосредственного контакта с производителем;
- отличную приспособленность к различным климатическим условиям, таким как жаркий климат южных широт и суровые северные условия;
- относительную простоту конструкции, что позволяет производить ремонт непосредственно на участке работы;
- надежность всех систем;
- максимальная автоматизация управления; снижает утомляемость оператора, повышает его работоспособность и желание работать;
- машина придумана и произведена в Российской Федерации, и как преимущество можно отметить то, что гораздо легче будет найти квалифицированного оператора, так как в стране есть сеть учебных заведений, готовящих кадры для работы на этом типе машин, и в какой-то степени будет решена проблема безработицы.

К недостаткам можно отнести:

- плохую устойчивость машины при максимальном вылете манипулятора;
- сплетение сучьев деревьев между собой в пачке;
- сложность гидропривода;
- применение дорогих видов горючесмазочных материалов в связи со сложностью конструкции;
- необходимость применения высококачественных материалов, для изготовления ответственных деталей машины;
- как недостаток можно отметить и то, что после работы данной машины должна следовать другая техника для вывозки полных пачек.

Высокопроизводительная машина конкурентоспособна на рынке. Повысить производительность машины и тем самым сократить сроки проведения подготовительных работ при строительстве транспортных узлов, транспортных магистралей и различных объектов, проходящих через леса, поможет увеличение количества захватываемых в один цикл деревьев.

Применяемая в современном строительстве техника позволяет механизировать практически все технологические операции. Ее применение полностью устраняет тяжелый труд рабочих, в несколько раз повышает производительность, значительно улучшает условия труда. Дальнейшее совершенствование техники ведется в направлении повышения производительности, уменьшения травматизма на рабочих местах, улучшения экономических и эргономических показателей, снижения вредного воздействия на окружающую среду. При всех этих плюсах человечеству нужно стремиться к снижению стоимости такой техники, что повысит ее привлекательность для потенциального заказчика. Таким образом, более эффективное использование лесных богатств положительно отразится не только на экономике региона, но и улучшит экологическое состояние страны.

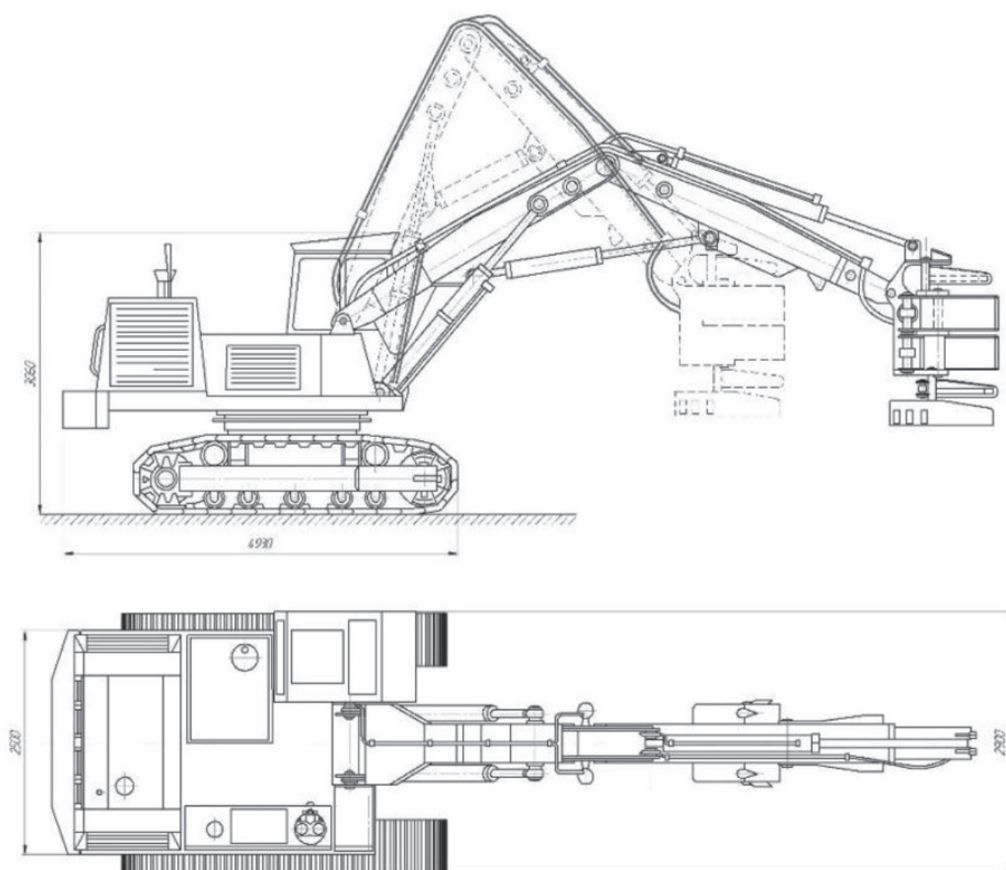


Рис. 3. Валочно-пакетирующая машина

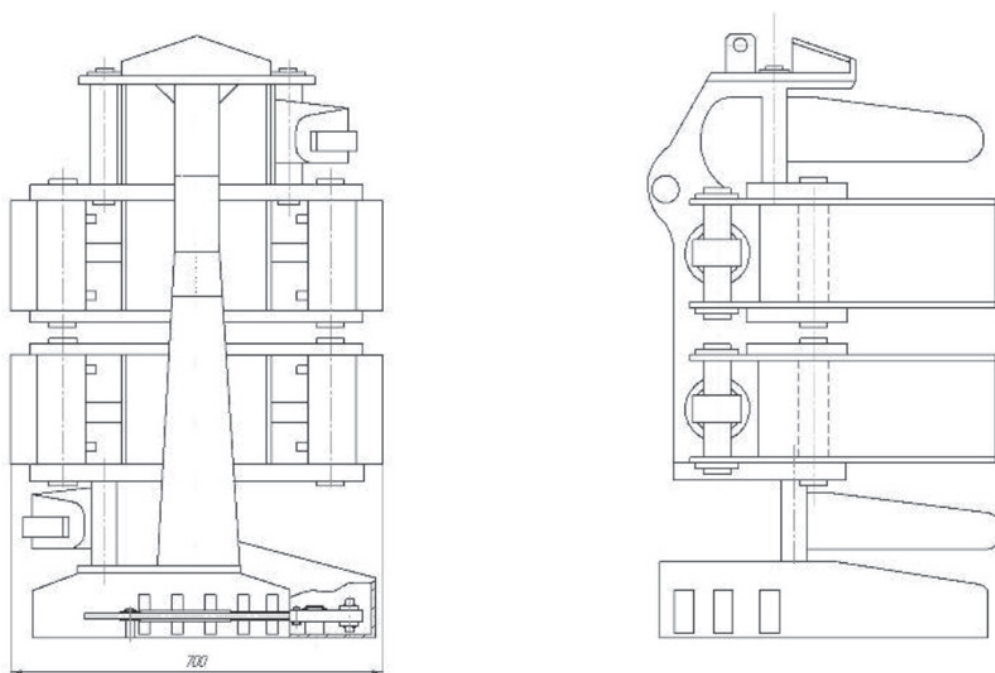


Рис. 4. Модернизированное захватно-срезающее устройство ВПМ

На рис. 3 представлен общий вид валочно-пакетирующей машины.

Проектирование и расчет модернизированного захватно-срезающего устройства (рис. 4) ВПМ [5].

Определение геометрических характеристик сечения захватного рычага [5].

Толщину стенки определим по формуле

$$\delta \leq \frac{H}{15} = \frac{0,086}{15} = 0,0057 \text{ м.} \quad (1)$$

Принимаем  $\delta = 0,006 \text{ м}$ .

Размеры сечения в опасной точке:  $B = 0,065 \text{ м}$ ,  $H = 0,086 \text{ м}$ .

Определим геометрические характеристики сечения

Момент инерции относительно оси  $X$ :

$$J_X = \frac{\delta \cdot B^3}{6} \cdot \left( 3 \cdot \frac{H}{B} + 1 \right) = \frac{0,006 \cdot 0,065^3}{6} \cdot \left( 3 \cdot \frac{0,086}{0,065} + 1 \right) = 1,365 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент инерции относительно оси  $Y$ :

$$J_Y = \frac{\delta \cdot H^3}{6} \cdot \left( 3 \cdot \frac{B}{H} + 1 \right) = \frac{0,006 \cdot 0,086^3}{6} \cdot \left( 3 \cdot \frac{0,065}{0,086} + 1 \right) = 2,078 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Площадь сечения:

$$S = 2 \cdot \delta \cdot (B + H) = 2 \cdot 0,006 \cdot (0,065 + 0,086) = 1,812 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (2)$$

Момент инерции при кручении:

$$J_{KP} = 0,5 \cdot \frac{4 \cdot (b \cdot h)^2}{\frac{h}{\delta} + \frac{b}{\delta}}, \quad (3)$$

где  $h = H - \delta = 0,086 - 0,006 = 0,080 \text{ м}$ ,  $b = B - \delta = 0,065 - 0,006 = 0,059 \text{ м}$ .

$$J_{KP} = 0,5 \cdot \frac{4 \cdot (b \cdot h)^2}{\frac{h}{\delta} + \frac{b}{\delta}} = 0,5 \cdot \frac{4 \cdot (0,059 \cdot 0,08)^2}{\frac{0,08}{0,006} + \frac{0,059}{0,006}} = 1,923 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Момент сопротивления при кручении:

$$W_{KP} = 2 \cdot \delta \cdot b \cdot h = 2 \cdot 0,006 \cdot 0,059 \cdot 0,08 = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3. \quad (4)$$

Статический момент наружной стенки относительно оси  $Y$ :

$$S_{CT}^Y = (B - 2 \times \delta) \times \delta \times \left( \frac{H}{2} - \frac{\delta}{2} \right) = (0,065 - 2 \times 0,006) \cdot 0,006 \times \left( \frac{0,086}{2} - \frac{0,006}{2} \right) = 1,272 \times 10^{-5} \text{ м}^4. \quad (5)$$

Расчет рычага на прочность [4]. Максимальные нормальные растягивающие напряжения возникают в точке  $E$ . Их величина, определяется по формуле

$$\sigma_E = \frac{M_X}{J_X} \cdot \frac{B}{2} + \frac{M_Y}{J_Y} \cdot \frac{H}{2} + \frac{R}{S} \leq [\sigma], \quad (6)$$

где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение для материала рычага, МПа. Вычисляется по формуле

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{1,3} = \frac{340}{1,3} = 261,5 \text{ МПа}, \quad (7)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести, для стали 14Г2  $\sigma_T = 340 \text{ МПа}$  по ГОСТ 4543–71.

$$\sigma_E = \frac{M_X}{J_X} \cdot \frac{B}{2} + \frac{M_Y}{J_Y} \cdot \frac{H}{2} + \frac{R}{S} = \frac{200,2}{1,365 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0,065}{2} + \frac{3484,9}{2,078 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0,086}{2} + \frac{26144}{1,812 \cdot 10^{-3}} = 91,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 91,3 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 261,5 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

Максимальное касательное напряжение, обусловленное кручением данного сечения:

$$\tau_{KP} = \frac{M_{KP}}{W_{KP}} = \frac{186,8}{5,7 \cdot 10^{-5}} = 3,3 \text{ МПа.} \quad (8)$$

В точках  $L$  и  $M$  возникают также касательные напряжения  $\tau$  от нагрузок  $Q_X$  и  $Q_Y$ , определяемые по формуле Журавского

$$\tau = \frac{Q \cdot S_{CT}}{J \cdot l}, \quad (9)$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;  $S_{CT}$  – статический момент отсеченной части, м<sup>3</sup>;

$$\tau_{\Sigma M} = \frac{M_{KP}}{W_{KP}} + \frac{3 \cdot Q_X}{4 \cdot \delta \cdot (H - 2 \cdot \delta)} = \frac{186,8}{5,7 \cdot 10^{-5}} + \frac{3 \cdot 3441,9}{4 \cdot 0,006 \cdot (0,086 - 2 \cdot 0,006)} = 9,1 \text{ МПа} \leq [\tau] = 200 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\Sigma L} = \frac{M_{KP}}{W_{KP}} + \frac{3 \cdot Q_Y}{4 \cdot \delta \cdot (H - 2 \cdot \delta)} = \frac{186,8}{5,7 \cdot 10^{-5}} + \frac{3 \cdot 13344}{4 \cdot 0,006 \cdot (0,086 - 2 \cdot 0,006)} = 25,8 \text{ МПа} \leq [\tau] = 200 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется.

В ходе проделанной работы в конструкцию захватно-срезающего устройства добавлена дополнительная пара захватных рычагов, что позволило увеличить количество захватываемых деревьев до 7 шт. Результатом модернизации является повышение производительности на 7%, что уменьшает время на подготовительные работы и снижает материальные затраты.

#### Список литературы

1. Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Слезов М.А., Васильев А.П. Обзор методов и конструкций по утилизации древесных отходов для создания машины по производству пеллет // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-1. – С. 66–70.
2. Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Мерданов Ш.М. Основные аспекты развития транспортной инфраструктуры крайнего севера // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3-1. – С. 31–36.
3. Кречетников Е.Г., Слезов М.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Обзор конструкций харвестеров для подготовительных работ при строительстве дорог В сборнике: Наземные транспортно-технологические комплексы и средства материалы Международной научно-технической конференции. Министерство образования и науки РФ; Тюменский индустриальный университет. – 2016. – С. 145–148.
4. Ловков Д.А., Слезов М.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Применение валочно-пакетирующей машины для подготовительных работ В сборнике: Наземные транспортно-технологические комплексы и средства материалы Международной научно-технической конференции. Министерство образования и науки РФ; Тюменский индустриальный университет. – 2016. – С. 157–161.

$J$  – момент инерции относительно соответствующей оси, м<sup>4</sup>,  $l$  – ширина сечения в рассматриваемом слое, м.

Приблизительно эти напряжения можно принять равными:

$$\tau_M = \frac{3 \cdot Q_X}{4 \cdot \delta \cdot (H - 2 \cdot \delta)}, \quad (10)$$

$$\tau_L = \frac{3 \cdot Q_Y}{4 \cdot \delta \cdot (H - 2 \cdot \delta)}, \quad (11)$$

где  $[\tau]$  – допускаемые касательные напряжения материала. Вычисляем по формуле

$$[\tau] = (0,6 \dots 0,8) \cdot [\sigma] = (0,6 \dots 0,8) \cdot 261,5 = 156,9 \dots 209,2 \text{ МПа}.$$

Принимаем  $[\tau] = 200$  МПа.

Тогда суммарные касательные напряжения с учетом кручения и касательной силы в точках  $L$  и  $M$ :

5. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Ахмадуллина Л.Г., Плохов А.А. Модернизация зажимного коника трелевочного трактора ТТ-4М // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 53–58.

6. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Ахмадуллина Л.Г., Плохов А.А. Обоснование необходимости модернизации машин для лесозаготовительных работ на примере трелевочного трактора ТТ-4М // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-3. – С. 516–520.

#### References

1. Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M., Slezov M.A., Vasilev A.P. Obzor metodov i konstrukcij po utilizacii drevesnyh othodov dlja sozdaniya mashiny po proizvodstvu pellet // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 11-1. pp. 66–70.
2. Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M., Merdanov Sh.M. Osnovnye aspekty razvitija transportnoj infrastruktury krajnego severa // Fundamentalnye issledovanija. 2016. no. 3-1. pp. 31–36.
3. Krechetnikov E.G., Slezov M.A., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Obzor konstrukcij harvesterov dlja podgotovitelnyh rabot pri stroitelstve dorog V sbornike: Nazemnye transportno-tehnologicheskie kompleksy i sredstva materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Ministerstvo obrazovanija i nauki RF; Tjumenskij industrialnyj universitet. 2016. pp. 145–148.
4. Lovkov D.A., Slezov M.A., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Primenenie valочно-paketirujushhej mashiny dlja podgotovitelnyh rabot V sbornike: Nazemnye transportno-tehnologicheskie kompleksy i sredstva materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Ministerstvo obrazovanija i nauki RF; Tjumenskij industrialnyj universitet. 2016. pp. 157–161.
5. Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M., Ahmadullina L.G., Plohov A.A. Modernizacija zazhimnogo konika trelevochnogo traktora TT-4M // Fundamentalnye issledovanija. 2016. no. 11-1. pp. 53–58.
6. Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M., Ahmadullina L.G., Plohov A.A. Obosnovanie neobhodimosti modernizacii mashin dlja lesozagotovitelnyh rabot na primere trelevochnogo traktora TT-4M // Fundamentalnye issledovanija. 2016. no. 10-3. pp. 516–520.