

УДК 629.1

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАЖИМНОГО КОНИКА ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА ТТ-4М

Мерданов Ш.М., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Ахмадуллина Л.Г., Плохов А.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: tts@tsogu.ru

В статье рассмотрен анализ тракторов для трелевки древесины, зажимных кониковых устройств, а также различные виды и способы трелевки. Проведен обзор технологических операций трелевочного трактора ТТ-4М. Выявлены преимущества и недостатки. Произведен расчет надежности удержания деревьев в клещевом захвате. Рассчитана сила трения деревьев в зажимных рычагах. Определено максимальное зажимное усилие на штоке гидроцилиндра коника. В статье предложена модернизация трелевочного трактора ТТ – 4М путем проектирования нового зажимного устройства, позволяющего увеличить объем, охватываемой пачки, что обеспечит рост производительности труда, при соблюдении принятых мер безопасности создаст лучшие условия труда и удобство в эксплуатации. К тому же разработанное кониковое – зажимное устройство не требует дополнительных капитальных вложений.

Ключевые слова: зажимное устройство, клещевой захват, трелевочный трактор, лесозаготовка, древесина

MODERNIZATION CLAMPING CONIC SKIDDERS TT-4M

Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Akhmadullina L.G., Plokhov A.A.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: tts@tsogu.ru

In the article the analysis of tractors for skidding wood clamping devices, as well as various types and methods of logging. The review process operations skidder TT – 4M. The advantages and disadvantages. The calculation of the reliability of the trees hold in tongs. Designed power of trees friction in the clamping lever. Determine the maximum clamping force on the rod conic cylinder. The paper proposes a modernization of the skidder TT – 4M by designing a new clamping device, which allows to increase the volume covered by the pack that will provide increased productivity. Subject to security measures taken will create better working conditions and ease of use. In addition, developed clamping device does not require additional capital investments.

Keywords: the clamping device, tong, skidder, logging, wood

Российская Федерация имеет самые большие запасы лесных ресурсов в мире. Площадь лесов составляет примерно 800000 га. Основная часть лесов расположена в Сибири и на Дальнем Востоке. Строительство новых дорог требует вырубке части леса. Новые дороги значительно улучшат дорожную инфраструктуру страны, а также вырубленный лес послужит для населения новым запасом строительного материала и топлива. Необходимо использование новых технологий и конструкций машин для подготовительных работ при строительстве дорог [1–3].

В целях улучшения производительности, в настоящее время широко применяется механизация труда. На лесозаготовках для транспортировки древесины возникает потребность в трелевочных машинах.

Трелевка леса представляет собой лесозаготовительную операцию по сбору и транспортировке очищенных от сучьев стволов деревьев от места их заготовки к погрузочным пунктам у лесовозных дорог. Так как лесовозными автомобилями нельзя забрать лес непосредственно на лесосеке, то необходимость этой операции очевидна. Целью трелевки является сбор деревьев с относительно большой площади на специально подготовленные погрузочные площадки у лесовоз-

ных дорог. Это проводится в исключительно трудных условиях – при полном бездорожье на любых грунтах летом или по снежной целине зимой, преодолевая множественные препятствия в виде пней, валежника, валунов и т.д. Трелевочные машины работают на невысоких скоростях (2...10 км/ч), но развивают значительные тяговые усилия. Трелевка осуществляется на небольшие расстояния: обычно до 300–400 м, иногда до 700–800 м и лишь в редких случаях до 1 км. Основными трелевочными машинами являются гусеничные тракторы ТТ-4М Алтайского тракторного завода, ТДТ-55А Онежского тракторного завода. В большинстве случаев трелевка леса происходит в полупогруженном положении («полуволоком»), т.е. один конец трелеваемой пачки погружен на трелевочный механизм (коник), а второй конец волочитя по земле или снегу.

Возможны различные виды и способы трелевки (рис. 1).

Различают три вида тракторов для трелевки древесины: чокерные, бесчокерные, тракторы с пачковым захватом (скиддеры). Трелевочные машины классифицируют по ходовой части: гусеничные, пневмоколесные; по назначению: общего, специального; по тяговому классу [4–6].

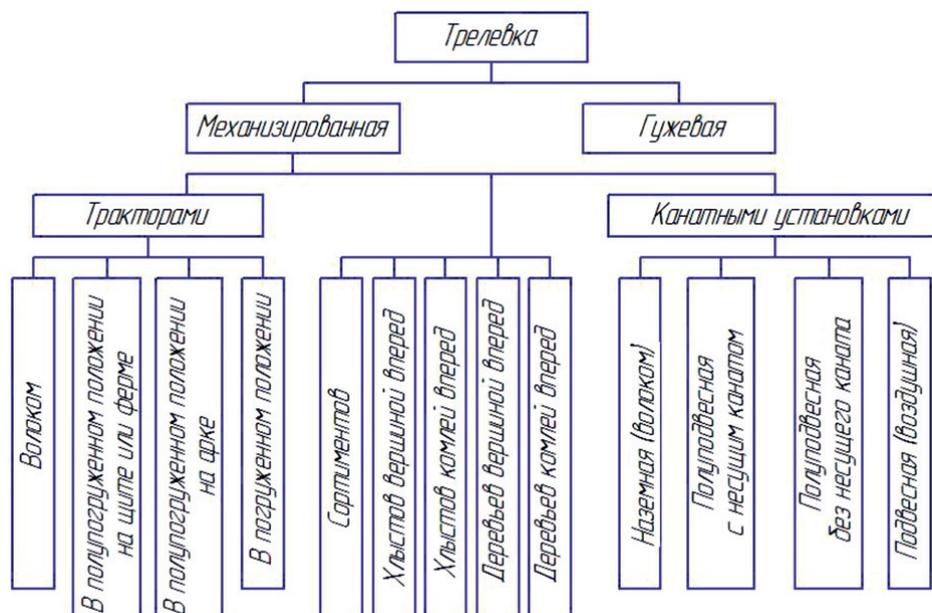


Рис. 1. Виды и способы трелевки

Прототипом в работе примем трактор ТТ-4М. Трелевочный трактор ТТ-4М (рис. 2) четвертого тягового класса предназначен для трелевки крупномерного и среднего леса, окучивания деревьев и хлыстов с высотой штабеля не более 1 м, а также в качестве базы лесозаготовительных машин.

Принцип работы трактора заключается в следующем: трактор при помощи гидроманипулятора производит формирование пакета хлыстов или деревьев с кронами, производит погрузку пачки на зажимной коник, после чего происходит транспортирование пакета. Транспортирование может осуществляться комлями или вершинами на щите в полупогруженном состоянии.

К преимуществам данного трактора стоит отнести следующие:

- Широкие гусеницы позволяют беспрепятственно перемещаться как по неровной лесной дороге, так и по болотистой местности;
- дизельный мотор умеренно расходует топливо, что способствует экономии;
- машина универсальна – на ее базе конструируют специальные устройства;
- увеличенная сила тяги, высокая надежность и защита внизу рамы;

В недостатках трактора стоит отметить:

- мотор, установленный внутри кабины, имеет большой уровень шума;
- достаточно большой вес и габариты, что способствует снижению маневренности машины в лесных условиях;

● небольшая скорость передвижения. Данный недостаток компенсирует малое давление машины на почву [7–8].

В ходе работы был проведен анализ зажимных коников устройств, в результате чего было решено увеличить объем обхватываемой пачки. Вследствие увеличения объема на рычаги зажимного устройства будут действовать большие силы, которые будут стремиться разжать коник. Произведен расчет зажимного устройства на усилие и надежное удержание пачки во время ее транспортировки на лесосеке. На рис. 3 приведены принципиальные схемы зажимных коников лесозаготовительных машин.

Развитие этого вида техники ведется в целях увеличения ее производительности, устойчивости, экономичности и эргономичности. Повышение показателей эргономичности повысит уровень комфорта машиниста, что несомненно скажется на его работоспособности. Автоматизация рабочих процессов на машине позволяет более точно и непринужденно справляться с поставленной для машиниста задачей. Экономия топлива приведет к меньшим выбросам вредных загрязняющих веществ в атмосферу и меньшим затратам на горюче-смазочные материалы. Создание оптимальной конструкции возможно лишь при анализе существующих конструкций и изобретений. Особенностью исследования коника машины для бесчokerной трелевки деревьев является способ удержания пачки при

помощи клещевого захвата, который с целью обеспечения надежного закрепления пачки вставляется в приемную банку в виде расположенных параллельно друг другу пластин, образующих между собой паз для ввода челюстей захвата [9–10].

Условия надежности удержания деревьев в клещевом захвате можно выразить неравенством:

$$F_d + F_p = F_{\text{сопр}} \quad (1)$$

где F_d – сила трения одного или нескольких деревьев о зажимные рычаги под действием силы тяжести (веса) деревьев, Н;

F_p – сила трения зажимных рычагов о деревья при обжиме последних, Н;

$F_{\text{сопр}}$ – сила трения волочащейся по земле части дерева или части деревьев, Н.

Силы трения F_d и $F_{\text{сопр}}$ могут быть выражены следующими зависимостями:

$$F_d = m \cdot G_{\text{д(н)}} \cdot f_2, \quad (2)$$

где m – часть веса одного дерева или пачки деревьев, приходящаяся на захват; $m = 0,52$

$G_{\text{д(н)}}$ – вес дерева или пачки деревьев, Н,

$$G_{\text{д(н)}} = Q_{\text{д(н)}} \cdot \rho_d \cdot g, \quad (3)$$

$Q_{\text{д(н)}}$ – объем одного дерева или пачки деревьев, м^3 ;

ρ_d – объемная масса свежесрубленной древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho_d = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$;

f_2 – коэффициент трения стволов о рычаги захвата, $f_2 \approx 0,7 \div 1$.

$$F_{\text{сопр}} = (1 - m) \cdot G_{\text{д(н)}} \cdot f' \cdot v, \quad (4)$$

где f' – коэффициент сопротивления перемещению части дерева или пачки деревьев: для лесосеки или волока – $f' = 1,34 \div 1,73$; при вытаскивании дерева из-под других деревьев в полосе повала $f' = 2,13 \div 2,94$;

v – коэффициент возможного возрастания сил сопротивления: для лесосеки и волока $v = 1,23 \div 1,31$; при вытаскивании вершины дерева из-под лежащих деревьев $v = 1,1 \div 1,27$.

Найдем силу трения деревьев о зажимные рычаги под действием веса деревьев:

$$F_d = m \cdot Q_{\text{д(н)}} \cdot \rho_d \cdot g \cdot f_2 \quad (5)$$

$$F_d = 0,52 \cdot 8,6 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,7 = 30709,224 \text{ Н}$$

Сила трения волочащейся по земле части дерева или пачки деревьев:

$$F_{\text{сопр}} = (1 - m) \cdot Q_{\text{д(н)}} \cdot \rho_d \cdot g \cdot f' \cdot v \quad (6)$$

$$F_{\text{сопр}} = (1 - 0,52) \cdot 8,6 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,73 \cdot 1,25 = 87571,91 \text{ Н}.$$

Следовательно, сила трения зажимных рычагов о деревья при обжиме последних равна

$$F_p = F_{\text{сопр}} - F_d \quad (7)$$

$$F_p = 87571,91 - 30709,224 = 56862,7 \text{ Н} = 56,8627 \text{ кН}.$$

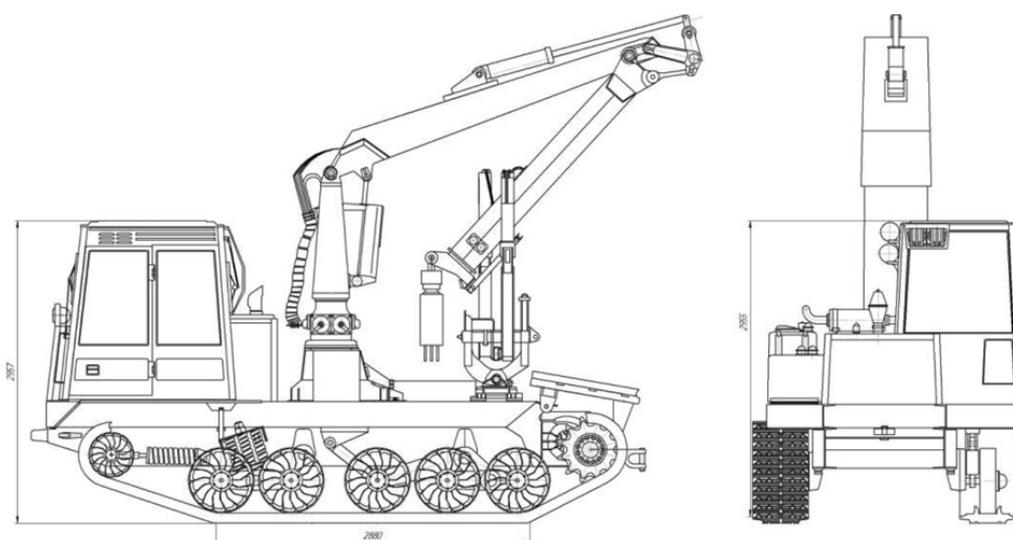


Рис. 2. Трелевочный трактор ТТ-4М

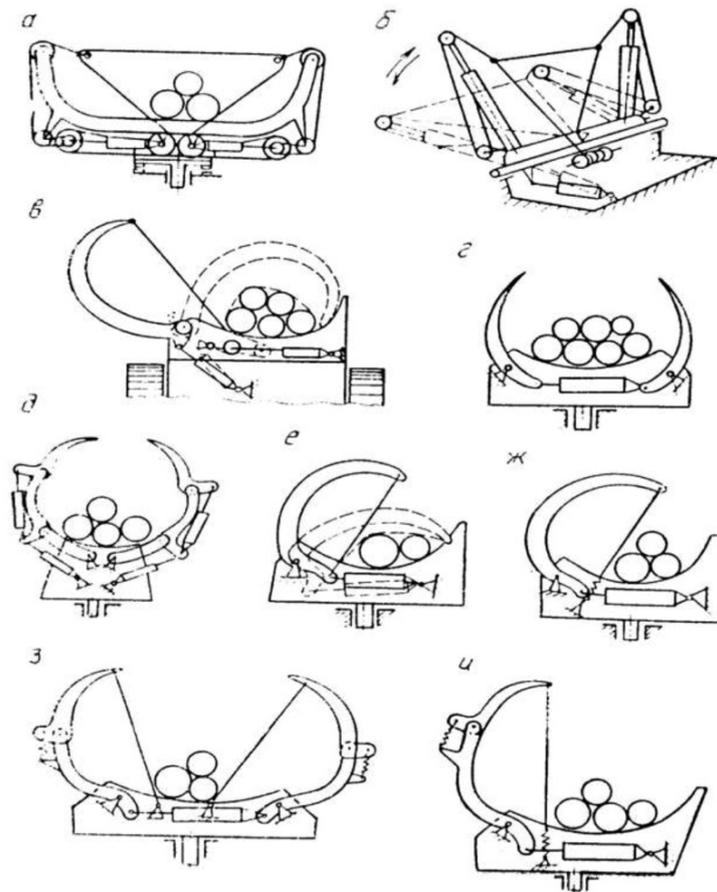


Рис. 3. Принципиальные схемы зажимных коников лесозаготовительных машин:
 а – КЗУ-I-I-а; б – КЗУ-I-I-б; в – КЗУ-I-2; г – КЗУ-II-1; д – КЗУ-II-2;
 е – КЗУ-III-1-а; ж – КЗУ-III-1-б; з – КЗУ-III-2-а; и – КЗУ-III-2-б

Чтобы определить максимальное зажимное усилие на штоке приравняем $F_p = 56,863 \text{ кН}$.

Для надежного удержания пачки деревьев произведем расчет гидроцилиндра захватного устройства.

Гидроцилиндры конико-зажимного устройства (КЗУ) определяются по следующим параметрам:

- усилие на штоке, F_{\max} , кН;
- скорость перемещения штока, V_i , м/с

Примем скорость перемещения штока равной 0,1 м/с.

Рабочий ход гидроцилиндра осуществляется при подаче жидкости в бесштоковую полость. Таким образом, диаметр можно определить:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\max}}{\pi \cdot \eta_{\text{мц}} (P_n / \psi - \Delta P_c)}}, \text{ м} \quad (8)$$

где $\eta_{\text{мц}}$ – механический к.п.д. цилиндра, принимаем $\eta_{\text{мц}} = 0,95$;

$\psi = D_2 / (D_2 - d_{2\text{ш}})$ – коэффициент мультипликации принимается $\psi = 1,65$;

ΔP_c – потери давления в сливной магистрали, принимаем $\Delta P_c = 0,5 \text{ МПа}$.

P_n – номинальное давление в гидросистеме, примем $P_n = 16 \text{ МПа}$

Расчет гидроцилиндра коникового зажимного устройства:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 56,863 \cdot 10^3}{\pi \cdot 0,95 \cdot \left(\frac{16}{1,65} - 0,5 \cdot 10^6 \right)}} = 0,091 \text{ м.}$$

Согласно ГОСТ 6540-68, принимаем ближайший больший, диаметр цилиндра 0,1 м.

Определим максимальный расход рабочей жидкости по формулам: в бесштоковой полости:

$$Q_{\text{ц}}^{\max} = \frac{z \cdot \pi \cdot D_{\Gamma}^2 \cdot V^{\max}}{4 \cdot \eta_{\text{оц}}}; \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9)$$

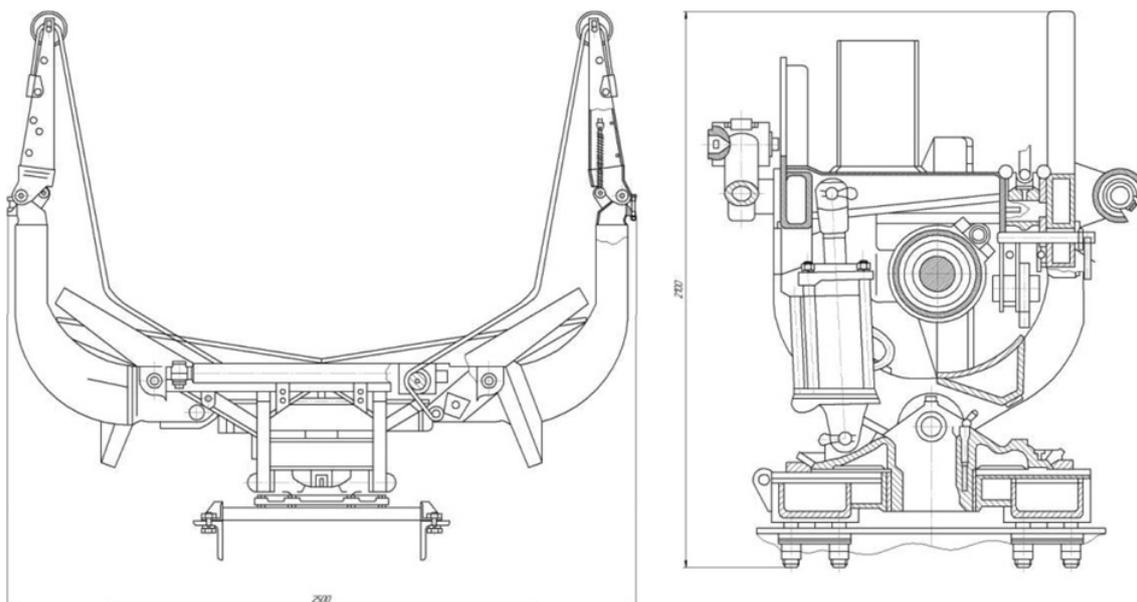


Рис. 4. Модернизированный коник

в штоковой полости:

$$Q_{ц}^{\max} = \frac{z \cdot \pi \cdot (D_{г}^2 - d_{ш}^2) \cdot V^{\max}}{4 \cdot \eta_{оц}} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10)$$

где $\eta_{оц}$ – объемный к.п.д. гидроцилиндра, принимаем $\eta_{оц} = 0,98$.

z – количество гидроцилиндров, работающих в паре.

Расчет максимального расхода в бесштоковой полости:

для гидроцилиндра КЗУ:

$$Q_{ц}^{\max} = \frac{1 \cdot \pi \cdot 0,1^2 \cdot 0,1}{4 \cdot 0,98} = 0,0008 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет максимального расхода для штоковой полости:

для гидроцилиндра КЗУ:

$$Q_{ц}^{\max} = \frac{1 \cdot \pi \cdot (0,1^2 - 0,06^2) \cdot 0,1}{4 \cdot 0,98} = 0,0005 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Согласно расчетам, выбираем гидроцилиндр: ЦГ1 – 100.70x500.11 – УХЛ, ГОСТ 6540-68.

Разработанное зажимное устройство за счет увеличения объема пачки обеспечит рост производительности труда. При соблюдении принятых мер безопасности создаст лучшие условия труда и удобство в эксплуатации. К тому же разработанное кониковое зажимное устройство не требует дополнительных капитальных вложений. Так как лесозаготовка является одним из приоритетных направлений РФ, то разви-

тие данной области, а в частности появление новых конструкций, машин, является актуальным для научных школ.

Список литературы

1. Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Смолин Н.И., Иванов А.А., Шефер В.В. Каток для проминки оснований дорог // Патент России № 2387753.
2. 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.
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.
5. Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Смолин Н.И., Иванов А.А., Обухов А.Г. Костырченко В.А., Мерданова М.Р. Вибрационный каток // Патент России № 2439240.
6. Мерданов Ш.М., Иванов А.А., Мерданов М.Ш., Шамаков А.Ф., Юрковец А.В. Устройство для уплотнения снежных насыпей дорожного полотна // Патент России № 2327005.
7. Мерданов Ш.М., Костырченко В.А. Анализ технологий сооружения автозимников на болотистых основаниях // Проблемы эксплуатации систем транспорта Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Тюменский государственный нефтегазовый университет, Институт транспорта. – 2009. – С. 203–205.

8. Мерданов М.Ш., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Проектирование вибрационного катка для строительства временной зимней дороги // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень, 2015. – С. 207–209.

9. Мерданов Ш.М., Шитый В.П., Крук А.Р., Шаруха А.В. Валец дорожного катка вибрационный // Патент России № 2456401.

10. Серебренников А.А., Мерданов Ш.М., Мадьяров Т.М., Костырченко В.А. Прицепной агрегат для уплотнения дорожных насыпей // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–2. – С. 304–308.

References

1. Karnauhov N.N., Merdanov Sh.M., Ivanov A.A., Smolin N.I., Ivanov A.A., Shefer V.V. Katok dlja prominki osnovanij dorog // Patent Rossii no. 2387753.

2. Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M., Slezov M.A., Vasilev A.P. Obzor metodov i konstrukcij po utilizacii drevesnyh othodov dlja sozdanija mashiny po proizvodstvu pellet. Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 11–1. pp. 66–70.

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 komplekсы i sredstva materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj 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 komplekсы i sredstva materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii. Ministerstvo obrazovanija i nauki RF; Tjumenskij industrialnyj universitet. 2016. pp. 157–161.

5. Merdanov Sh.M., Ivanov A.A., Smolin N.I., Ivanov A.A., Obuhov A.G. Kostyrchenko V.A., Merdanova M.R. Vibracionnyj katok // Patent Rossii no. 2439240.

6. Merdanov Sh.M., Ivanov A.A., Merdanov M.Sh., Shakmakov A.F., Jurkovec A.V. Ustrojstvo dlja uplotnenija snezhnyh nasypej dorozhnogo polotna // Patent Rossii no. 2327005.

7. Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A. Analiz tehnologij sooruzhenija avtozimmikov na bolotistyh osnovanijah // Problemy jekspluatacii sistem transporta Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Tjumenskij gosudarstvennyj neftegazovyj universitet, Institut transporta. 2009. pp. 203–205.

8. Merdanov M.Sh., Kostyrchenko V.A., Madjarov T.M. Proektirovanie vibracionnogo katka dlja stroitelstva vremenoj zimnej dorogi // Nazemnye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii. Tjumen, 2015. pp. 207–209.

9. Merdanov Sh.M., Shityj V.P., Kruk A.R., Sharuha A.V. Valec dorozhnogo katka vibracionnyj // Patent Rossii no. 2456401.

10. Serebrennikov A.A., Merdanov Sh.M., Madjarov T.M., Kostyrchenko V.A. Pricepnoj agregat dlja uplotnenija dorozhnyh nasypej // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 9–2. pp. 304–308.