

С. Н. Пищов, ассистент, А. Р. Гороновский, канд. техн. наук, доцент, БГТУ;
В. А. Коробкин, д-р техн. наук, ПО «МТЗ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ФОРВАРДЕРОВ 6К6 С МЕХАНИЧЕСКОЙ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЯМИ

In article the comparative analysis of parameters of track-adhesive properties of logging forwarders 6W6 with various variants of a design of transmission and a running part is executed. Are developed traction nomograms, allowed to prove parameters of transmission and a running part of forwarders with the purpose of increase of track-coupling properties at movement on a basic surface with various bearing resistance soils.

Введение. Обеспечение высоких тягово-сцепных свойств лесных машин зависит от обоснованного выбора конструкции и параметров двигателя, трансмиссии и ходовой части. Лесозаготовительные предприятия Республики Беларусь оснащаются современными лесными машинами с различными конструктивными особенностями трансмиссии и ходовой части. Значительное внимание машиностроительными предприятиями уделяется созданию техники с гидромеханической и гидростатической трансмиссиями, которые позволяют плавно и бесступенчато передавать крутящий момент от двигателя к движителям, что благоприятным образом сказывается на состоянии поверхности трелевочных волоков. Существует также возможность применения движителя комбинированного типа с целью повышения тягово-сцепных свойств и проходимости лесной техники при движении по почвогрунтам со слабой несущей способностью. Однако в настоящее время лесозаготовительные предприятия используют преимущественно технику с механической трансмиссией (МЛПТ-354, МЛ-131, МПТ-461 и др.).

Обоснование параметров и разработка эксплуатационных режимов для данных машин с разнообразными вариантами компоновки трансмиссии и ходовой части с целью повышения эффективности работы на первичной транспортировке древесины в различных почвенно-грунтовых условиях является важной и актуальной задачей, требующей оперативного и успешного решения.

Применение тяговых номограмм для комплексной оценки показателей тягово-сцепных свойств форвардеров 6К6 с механической и гидромеханической трансмиссией. Одним из перспективных способов оценки тягово-сцепных свойств погрузочно-транспортных машин с механической и гидромеханической трансмиссиями является применение тяговых номограмм, с помощью которых возможно устанавливать характер взаимовлияния различных показателей друг на друга и определять наиболее рациональные параметры и эксплуатационные режимы. Номограммы построены по результатам теоретических и экспериментальных исследований [1, 2], проведенных для погрузоч-

но-транспортных машин 6К6 РУП «Минский тракторный завод».

При оценке тягово-сцепных свойств форвардеров 6К6 с различными конструктивными особенностями трансмиссии и ходовой части в качестве показателей сравнения приняты следующие: момент двигателя $M_{дв}$, необходимый для создания касательной силы тяги заданной величины для машин с колесным и комбинированным типами движителя с учетом типа механической и гидромеханической трансмиссии, который определялся по следующим зависимостям:

– для механической трансмиссии

$$M_{дв} = \frac{P_k r_d}{i_{тр} \eta_{тр}};$$

– для гидромеханической трансмиссии

$$M_{дв} = \frac{P_k r_d i_{гт}}{i_{тр} \eta_{тр} \eta_{гт}},$$

где P_k – касательная сила тяги, развиваемая движителями машины, Н; r_d – динамический радиус качения колеса, м; $i_{тр}$, $i_{гт}$ – передаточные число трансмиссии и гидротрансформатора соответственно; $\eta_{тр}$, $\eta_{гт}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии и гидротрансформатора соответственно.

Теоретическая скорость движения машины:

– для механической трансмиссии

$$v_{т} = \frac{r_d n_{дв}}{i_{тр}};$$

– для гидромеханической трансмиссии

$$v_{т} = \frac{r_d i_{гт} n_{дв}}{i_{тр}},$$

где $n_{дв}$ – частота вращения коленчатого вала установленного двигателя, c^{-1} .

Действительная скорость движения машины (с учетом буксования движителя δ) с механической и гидромеханической трансмиссией определялась по зависимости

$$v_{д} = v_{т} (1 - \delta).$$

Также в качестве показателей сравнения принимались тяговая мощность двигателя машины N_T , коэффициент загрузки двигателя по мощности β_1 , часовой расход топлива R_T , которые определялись по следующим зависимостям:

$$N_T = P_k v_d ;$$

$$\beta_1 = \frac{N_d}{N_e} ;$$

$$R_T = N_e \cdot m \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 ,$$

где N_d – необходимая мощность двигателя, необходимая для развития касательной силы тяги P_k , Вт; N_e – номинальная мощность установленного двигателя, Вт; m – удельный расход топлива, кг/Вт·ч; β_2 – коэффициент использования двигателя по времени.

Для определения сил сопротивления движению и касательных сил тяги машин с колесным и комбинированным типами двигателя, оснащенных механической и гидромеханической трансмиссиями, разработана математическая модель, правомерность которой подтверждена результатами экспериментальных исследований [1, 2].

Определение указанных выше показателей позволило оценить тягово-сцепные свойства проектируемой или существующей лесозаготовительной техники БК6 с различными вариантами конструкции трансмиссии и двигателя в зависимости от природно-производственных условий эксплуатации.

В результате проведенных исследований построены номограммы, которые представлены на рис. 1–3. Зависимости построены с учетом несущей способности лесных почвогрунтов, которые делятся на 4 типа местности согласно СТБ 1342-2002 «Устойчивое лесопользование. Машины для рубок леса. Общие технические требования».

Номограмма для определения области возможного движения (рис. 1) состоит из трех квадрантов. В среднем квадранте представлены зависимости касательной силы тяги от буксования колесного или комбинированного двигателя, которые построены для каждого из четырех типов местности. Данные зависимости учитывают тип и параметры двигателя, а также физико-механические свойства почвогрунтов опорной поверхности. Зависимости момента двигателя от касательной силы тяги, которую развивает погрузочно-транспортная машина с механической и гидромеханической трансмиссиями, представлены в верхнем и нижнем квадрантах соответственно. Развиваемые моменты двигателя определены на номинальной частоте вращения коленчатого вала

двигателя с учетом типа трансмиссии (механическая, гидромеханическая) и передаточных отношений. На данный график также нанесен крутящий момент, который развивает установленный двигатель (горизонтальная линия).

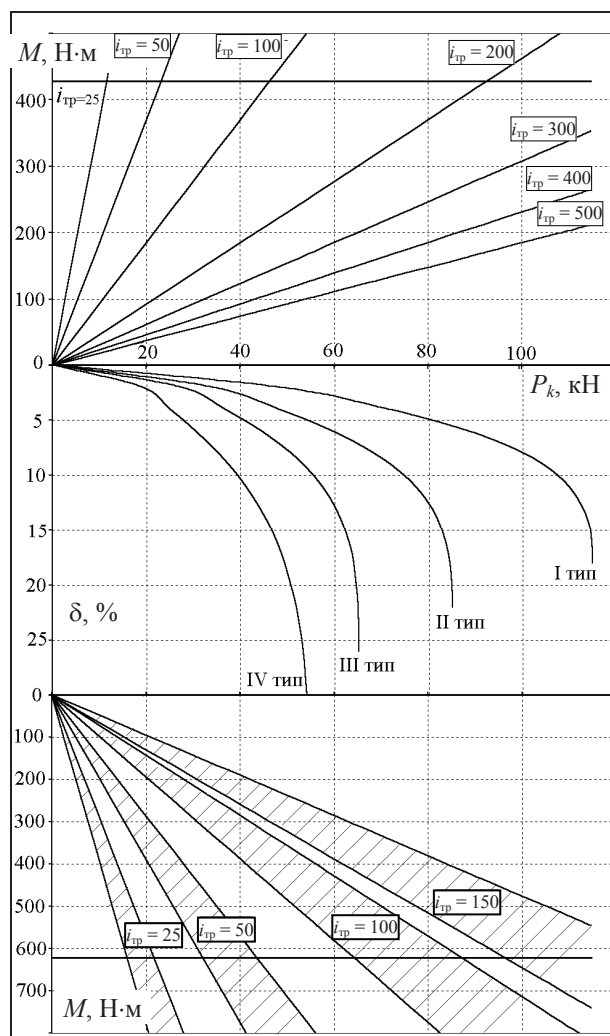


Рис. 1. Номограмма для определения области возможного движения колесной погрузочно-транспортной машины с механической и гидромеханической трансмиссиями на почвогрунтах 1–4-го типов местности

Приведенная номограмма позволила установить диапазоны передач, на которых возможно движение существующих погрузочно-транспортных машин с механической и гидромеханической трансмиссиями, а также с учетом типа двигателя. С помощью построенных номограмм проведено сравнение погрузочно-транспортных машин БК6 РУП «Минский тракторный завод» с механической (МЛ-131) и гидромеханической (МЛПТ-364) трансмиссиями. Установлено, что при освоении лесосечного фонда на грунтах 1-го и 2-го типов местности вполне эффективно можно применять колесные погрузочно-транспортные машины МЛ-131 с механической трансмиссией, которые могут

работать на 1, 2, 3 диапазонах коробки передач. Форвардер МЛПТ-364 с гидромеханической трансмиссией может эксплуатироваться на первой-третьей передачах при передаточном отношении гидротрансформатора 0,5–0,9.

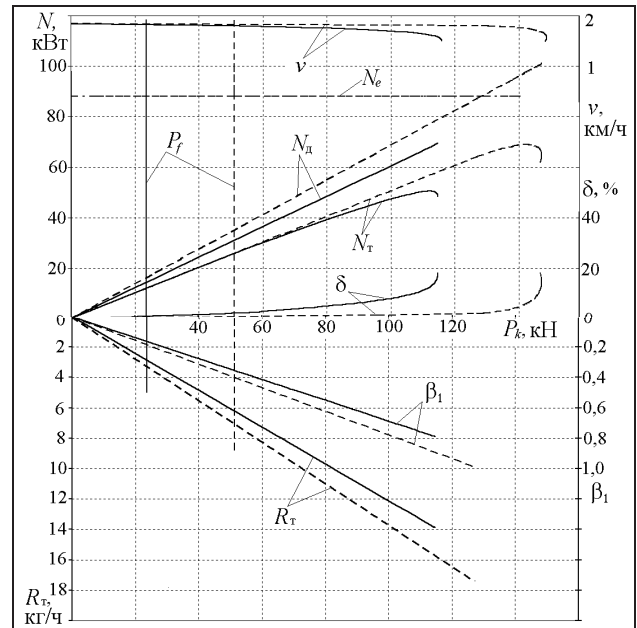
Погрузочно-транспортная машина МЛ-131 с комбинированным типом движителя на почвогрунтах 1-го и 2-го типов местности может работать на передачах 1-го и 2-го диапазонов. Движение на более высоких передачах невозможно из-за значительного усилия сопротивления движению и ограниченного крутящего момента двигателя. Аналогичная ситуация наблюдается при движении форвардера с гидромеханической трансмиссией, движение которого возможно на 1-й и 2-й передачах, что в сравнении с колесным вариантом снижает производительность и повышает расход топлива.

При освоении труднодоступного лесосечного фонда, расположенного на почвогрунтах 3-го типа местности, колесная машина независимо от типа установленной трансмиссии вынуждена работать в узком диапазоне касательных сил тяги по причине повышения сил сопротивления движению и снижения сил сцепления (для колесных машин данный диапазон составляет 5–7 кН). Транспортировка сортиментов по волокам 4-го типа местности невозможна из-за равенства между силами сцепления и сопротивления движению. Применение легкосъёмных гусениц позволяет расширить зону возможного движения машины на грунтах 3-го типа местности в 1,2–1,5 раза. Данный результат достигнут понижением сил сопротивления движению и повышением касательных сил тяги. Однако в сравнении с 1-м и 2-м типами местности область возможного движения для машины с комбинированным типом движителя меньше на 30–40%.

Для определения режимов движения машины, которые обусловлены буксованием колесного и комбинированного движителей при движении по волокам с различной несущей способностью, построены тяговые номограммы. В верхнем квадранте номограмм расположены тяговые характеристики, представляющие собой зависимости действительной скорости v , буксования δ , тяговой мощности N_{tr} , потребляемой мощности двигателя N_d от касательной силы тяги. Данные показатели наиболее полно характеризуют тягово-сцепные свойства погрузочно-транспортной машины на волоках с различными значениями несущей способности, позволяют определить касательные силы тяги и соответствующие им буксования движителя, при которых наблюдается наиболее полное использование мощности установленного двигателя N_e .

Тяговые номограммы форвардеров 6К6 с колесным и комбинированным типами движи-

теля, оснащенных механической и гидромеханической трансмиссиями, при движении по волокам с несущей способностью почвогрунтов 100–120 кПа представлены на рис. 2–3.



— колесный тип движителя;
- - - комбинированный тип движителя

Рис. 2. Тяговая номограмма форвардера 6К6 с механической трансмиссией при движении по волоку 1-го типа местности

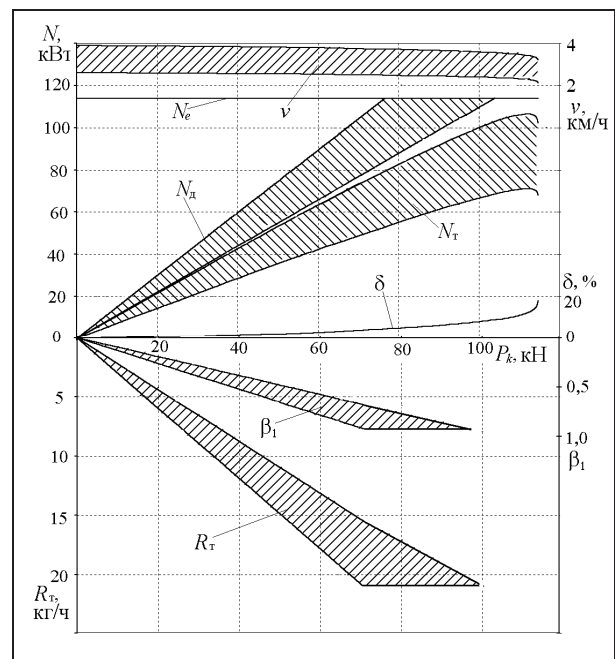


Рис. 3. Тяговая номограмма форвардера 6К6 с гидромеханической трансмиссией при движении по волоку 1-го типа местности

С помощью тяговых номограмм определены диапазоны рабочих скоростей движения погрузочно-транспортных машин с колесным и комбинированным типами движителя, осна-

ценных механической и гидромеханической трансмиссиями, по волокам с различной несущей способностью. На почвогрунтах 1-го типа местности колесная машина развивает скорости движения до 10–11 км/ч, машина с комбинированным типом движителя – до 5–7 км/ч. Повышение мощности устанавливаемого двигателя до 100–120 кВт позволит повысить рабочие скорости движения на 10–15%.

При преодолении сил сопротивления движению буксование движителя колесного форвардера составляет 2–3%, погрузочно-транспортной машины с гусеницами 3–5%, скорости движения при этом составляют 1,84 км/ч. Коэффициент использования двигателя по мощности β_1 составляет: для колесной машины 0,18–0,22, для форвардера с комбинированным типом движителя 0,39–0,44. Часовой расход топлива во время движения по волокам 1-го типа местности для машин с колесным и комбинированным типами движителя при преодолении сил сопротивления движению находится в пределах 3–3,8 и 7,1–7,5 кг/ч соответственно.

Полученные с помощью разработанных номограмм результаты позволяют рекомендовать для освоения лесосечного фонда, расположенного на почвогрунтах с несущей способностью 80–120 кПа (1-й и 2-й типы местности), погрузочно-транспортные машины с колесным типом движителя.

При движении по волоку 3-го типа местности колесная погрузочно-транспортная машина развивает касательную силу тяги 64–67 кН. Буксование в данном случае находится в пределах 24–26%, максимальная скорость движения колесной машины достигает 4–4,5 км/ч, при этом величина тяговой мощности находится в пределах 61–64 кВт. Дальнейшее повышение скорости движения невозможно из-за высокой силы сопротивления движению, значения которой достигают 58–61 кН. Для преодоления силы сопротивления движению колесный форвардер двигается с буксованием 12–14%, а машина с гусеницами на колесах балансирной тележки – 5–7%. Свободная касательная сила тяги для колесного форвардера при движении по волоку 3-го типа местности составила 6–9 кН, у машины с комбинированным типом движителя данный показатель находится в пределах 15–17 кН.

При эксплуатации колесного форвардера на почвогрунтах 3-го типа местности коэффициент загрузки двигателя по мощности достигает значений 0,8–0,9, что приводит к повышению часового расхода топлива до 8–9 кг/ч.

Эффективнее, в сравнении с колесной машиной, на почвогрунтах с несущей способностью 50–80 кПа эксплуатировать форвардер с комбинированным типом движителя.

Для данной машины сила сопротивления движению составила 65–67 кН, максимальное значение касательной силы тяги 79–81 кН, которое достигается при буксовании движителя 20–22% и скорости движения до 3,5–4 км/ч, при мощности установленного двигателя 88 кВт (МЛ-131). При увеличении мощности двигателя до 100–120 кВт достигается повышение рабочих скоростей движения до 5,5–5,7 км/ч.

Для эффективного освоения труднодоступного лесосечного фонда на колесных погрузочно-транспортных машинах необходимо использовать легкоъемные металлические гусеницы, которые позволяют повысить касательную силу тяги при снижении буксования и повышении скорости движения, что в результате приводит к увеличению производительности работ на транспортировке сортиментов.

Выводы. 1. В результате сравнения тягово-сцепных свойств форвардеров 6К6 с механической и гидромеханической трансмиссиями установлено, что при транспортировке сортиментов по почвогрунтам 1-го и 2-го типов местности эффективно эксплуатировать колесные машины с обеими трансмиссиями по причине значительной разности между силами сцепления и сопротивления движению. При движении по почвогрунтам 3-го и 4-го типов местности предпочтение следует отдать машинам с гидромеханической трансмиссией и комбинированным типом движителя.

2. Для обеспечения необходимых тягово-сцепных свойств и эффективной эксплуатации погрузочно-транспортных машин с различными типами движителя в условиях Республики Беларусь двигатель должен иметь мощность 100–120 кВт, передаточные числа механической трансмиссии должны находиться в пределах 50–280, гидромеханической – 25–160 при коэффициенте трансформации гидротрансформатора 1,5–1,6. Это обеспечит повышение рабочих скоростей движения на 10–12% и в 1,1–1,2 раза сменной производительности в зависимости от расстояния транспортировки.

Литература

1. Пищов, С. Н. Сравнительная оценка тягово-сцепных свойств форвардеров 6К6 с различными вариантами конструкции тандемной тележки технологического модуля / С. Н. Пищов, В. В. Хайновский, А. Р. Гороновский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 52–56.

2. Пищов, С. Н. Результаты исследовательских испытаний погрузочно-транспортной машины повышенной проходимости с колесной формулой 6К6 / С. Н. Пищов // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 96–99.