

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ФОРВАРДЕРОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТОВ

В рамках данной статьи проведен сравнительный анализ характеристик опорной проходимости и энергонасыщенности форвардеров, применяемых в практике лесозаготовок в Республике Беларусь. В перечень сравниваемых моделей вошли как серийно выпускаемые форвардеры, так и перспективные машины.

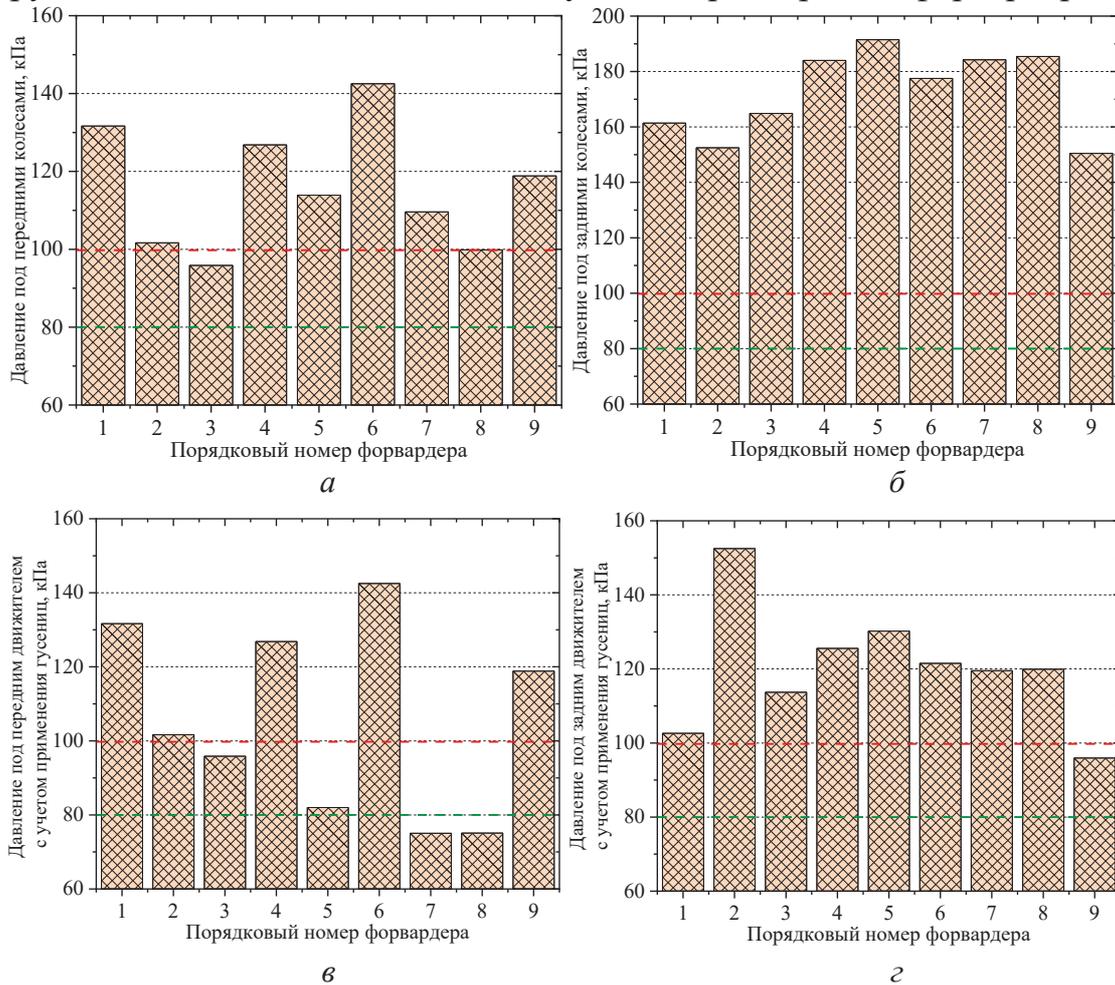
Основной акцент, при выборе расчетных методик для проведения анализа сделан не столько на точность выдаваемого ими конечного результата для каждой конкретной машины, сколько на возможность охвата более широкого круга условий и на относительную сопоставимость результатов для многих сравниваемых вариантов конструкций.

Результаты расчетов опорной проходимости форвардеров (рис. 1) показали, что наилучшей опорной проходимостью среди форвардеров Амкодор (номера 1 – 7 на рис. 1) обладает Амкодор 2661-01, особенно при оснащении задней оси съемными гусеницами. Его расчетное давление на почво-грунты лучше не только в сравнении с серийно производимыми форвардерами Амкодор 2682, 2662, 2641, 2631, но и с новейшими Амкодор FF-1461 и Амкодор FF-1681. Расчеты произведены для варианта транспортировки круглых лесоматериалов с наиболее равномерным распределением их массы. Для форвардеров под номерами 1–7 – длиной 6 м, а для форвардеров 8–9 – длиной 4 м.

Отметим, что на рис. 1 в и г результаты приведены с учетом возможности оснащения движителя наиболее подходящей для грунтов с низкой несущей способностью съемной гусеницей. Результаты для осей, на которые не предусматривается установка гусениц, оставлены без изменений, как для колесного движителя.

Отдельного внимания заслуживает интерпретация результатов для форвардеров Usewood forest master и Vimek 610 SE. Существует мнение, что сравнительно малый вес данных форвардеров обеспечивает им преимущество перед «полноразмерными» ввиду более низкого давления на грунт и как следствие меньшего повреждения корневых систем, что особенно важно при проведении рубок ухода. Действительно, форвардер Usewood forest master обладает одним из наиболее низких давлений движителя передней оси на грунт особенно при использовании съемной гусеницы. Но для задней оси, при усло-

вии реализации полной грузоподъемности его показатели давления на грунт значительно выше, даже чем у «полноразмерных» форвардеров.



a – под передним колесами; *б* – под задними колесами; *в*, *г* – под передним и задним движителем с учетом возможности применения гусениц
 1 – Амкодор 2631, 2 – Амкодор 2641, 3 – Амкодор 2661-01,
 4 – Амкодор 2662-01, 5 – Амкодор 2682-01, 6 – Амкодор FF-1461;
 7 – Амкодор FF-1681, 8 – Usewood forest master, 9 – Vimek 610 SE

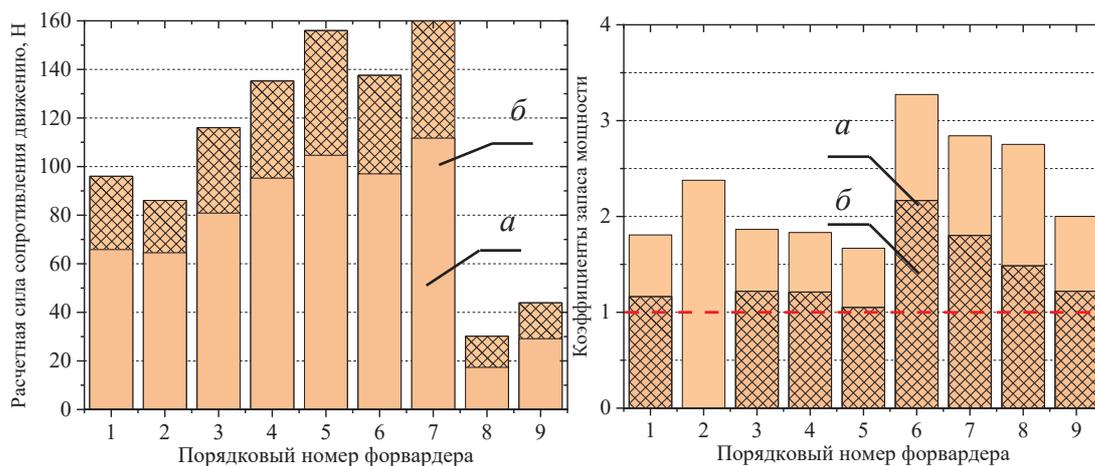
Рисунок 1 – Давление движителей форвардеров на грунт

Использование гусениц несколько снижает данный показатель, однако он все еще больше, чем, к примеру, у форвардера Амкодор 2661. Возможность эффективного использования подобного форвардера на слабонесущих грунтах при оснащении его гусеницами должна быть дополнительно обоснована с позиций обеспечения требуемых тяговых свойств и достаточности дорожного просвета. Также следует рассматривать вариант установки гусениц меньшей массы, выполненных у композитных полимеров.

Интерес представляют результаты, полученные для форвардера Vimek 610SE. Он имеет наименьшую величину давления по заднему движителю как при колесном исполнении (150 кПа), так и при комби-

нированном колесно-гусеничном (95 кПа). Однако ввиду использования одиночной передней оси давление на грунт достигает 119 кПа. В сравнении с показателями, достигаемыми другими форвардерами, особенно по задней оси, это не высокое значение, однако в условиях слабонесущих грунтов форвардер Vimek 910 SE будет терять опорную проходимость преимущественно за счет буксования колес передней оси. Существует несколько вариантов снижения давления под колесами передней оси такого форвардера. Первый – конструктивный, разработка форвардера аналогичной конструкции, но с колесной формулой 8К8, с возможностью дальнейшего оборудования его гусеницей, либо применение колес большей ширины, либо использование шин низкого давления. Второй – технологический, заключается в транспортировке сортиментов наибольшей возможной для форвардера длины. Это вызывает перераспределение нагрузки на заднюю ось и, как следствие, повышение опорной проходимости для данного форвардера. С учетом достаточности тягово-сцепных свойств данный форвардер может использоваться на грунтах со слабой несущей способностью даже более эффективно чем большинство «полноразмерных» форвардеров. Для машин эксплуатирующихся в условиях слабонесущих грунтов в дополнение к методике оценки опорной проходимости следует обязательно выполнять оценку тягово-сцепных свойств. На рис. 2 приведены результаты расчета коэффициента запаса мощности и сил сопротивления движению форвардеров для почво-грунтов 3 типа местности с коэффициентами сопротивления качению $f = 0,25$ и сцепления $\varphi = 0,4$ (при колесном исполнении движителя), $f = 0,35$ и $\varphi = 0,55$ (при колесно-гусеничном исполнении движителя) и рабочим уклоном местности $i = 0,05$. Рабочая скорость движения принята равной $v_{\text{движ}} = 2$ км/ч для всех вариантов.

Использование комбинированных колесно-гусеничных движителей закономерно приводит к росту сил сопротивления движению форвардеров от 1,42 раза для форвардеров Амкодор 2662-01 и FF-1461 и до 1,74 раза для форвардера Usewood forest master (оба с колесной формулой 8К8). Масса каждой гусеницы, установленной на соответствующий балансирный мост для форвардеров под номерами 1, 3 – 7 принималась равной 1050 кг, для форвардера Usewood forest master 450 кг, а для форвардера Vimek 610 SE – 650 кг. Форвардер Амкодор 2641 имеет колесную формулу 4К4 и в виду невозможности оборудования его съемными гусеницами для повышения опорной проходимости в дальнейшем анализе не рассматривался.



1 – Амкодор 2631, 2 – Амкодор 2641, 3 – Амкодор 2661-01,
 4 – Амкодор 2662-01, 5 – Амкодор 2682-01, 6 – Амкодор FF-1461;
 7 – Амкодор FF-1681, 8 – Usewood forest master, 9 – Vimek 610 SE

Рисунок 2 – Расчетные силы сопротивления движению и коэффициенты запаса мощности форвардеров в колесном (а) и комбинированном колесно-гусеничном (б) вариантах

Для форвардера Амкодор 2682-01 (№ 5 рис. 2) использование гусениц на всех балансирных мостах приводит к существенному сокращению коэффициента запаса мощности. На практике это означает продолжительный разгон, снижение средних рабочих скоростей, невозможность повышения рабочих скоростей в заданных условиях и как следствие снижение общей производительности транспортных операций. Поэтому, при обеспечении потребных сцепных свойств, передний балансир форвардера можно не оснащать гусеницами. Это позволит увеличить коэффициент запаса мощности на 5,9%. Также достаточным запасом мощности на привод движителя как в колесном, так и в колесно-гусеничном исполнении обладают форвардеры Usewood Forest Master (2,725 и 1,485 соответственно) и Vimek 610 SE (2,0 и 1,22 соответственно).

Из зависимостей на рис. 2 видно, что новые форвардеры Амкодор FF-1461; и Амкодор FF-1681 обладают значительным запасом мощности двигателя 3,27 и 2,84 в колесном исполнении и 2,17 и 1,8 в колесно-гусеничном. В описанных условиях это позволяет использовать данные форвардеры с увеличенными до 4,3 км/ч и 3,6 км/ч соответственно рабочими скоростями движения (в колесно-гусеничном исполнении). Также возможна реализация запаса мощности путем присоединения дополнительного прицепного звена общей массой с учетом перевозимого груза до 11 тонн при колесном исполнении движителя и до 16 тонн при комбинированном колесно-гусеничном. При собственной массе прицепного звена 4 тонны это от 7 до 12 тонн дополнительной полезной нагрузки.