

УДК 630*307

С. Е. Арико, ассистент (БГТУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШИН ЛЕСНЫХ МАШИН

В статье на примере харвестера МЛХ-414 рассмотрено влияние жесткости шин на распределение реакций между колесами лесозаготовительной техники, устойчивость технологического и энергетического модулей, а также многооперационной машины в целом. Определены номинальные жесткости шин для харвестеров, предназначенных для проведения различных видов рубок промежуточного пользования.

In this paper, the example harvester MLH-414, the influence of tires stiffness on the distribution of responses between the wheels of logging equipment, process stability and energy units, as well as multistage machine as a whole. Determined by the nominal rigidity of tires for harvesters designed for various types of intermediate felling.

Введение. В настоящее время для проведения лесозаготовительных работ существует большое количество машин различного назначения и компоновки. Среди них широкое распространение получила колесная техника, на которую устанавливаются специализированные шины. Они имеют различные диаметры, ширину, протектор, слойность корда, внутреннее давление и ряд других показателей, которые изменяют их упругодемпфирующие свойства. Выбор устанавливаемых шин должен осуществляться исходя из назначения, условий эксплуатации и обеспечения требуемых свойств.

1. Исследование влияния жесткости шин на распределение нагрузок между колесами валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины МЛХ-414. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что на процесс взаимодействия валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ) с деревом существенное влияние кроме внешних силовых факторов оказывает выбор устанавливаемых шин. На рис. 1–3 представлен процесс падения дерева на максимальном вылете гидроманипулятора при его повороте на 90° относительно продольной оси харвестера в правую сторону.

Установлено, что увеличение жесткости шин приводит к повышению реакции под разгружаемым в процессе выполнения технологических операций колесом энергетического модуля (рис. 1). Применение шин с жесткостью 500 кН/м вместо 200 кН/м повышает реакцию под колесом в 1,54 раза, которая достигает значения 9022,0 Н. При жесткости 1250–2500 кН/м минимальное значение реакции под колесом составляет 9938–10214 Н.

Уменьшение жесткости шин ниже 500 кН/м и увеличение свыше 1250 кН/м приводит к снижению устойчивости технологического модуля и сопровождается увеличением продолжительности отрыва колеса (рис. 2). При жесткости 1250 кН/м происходит четыре отрыва левого колеса общей продолжительностью 2,87 с. Аналогичный характер колебательных

процессов наблюдаются при использовании шин жесткостью 200 кН/м и 500 кН/м.

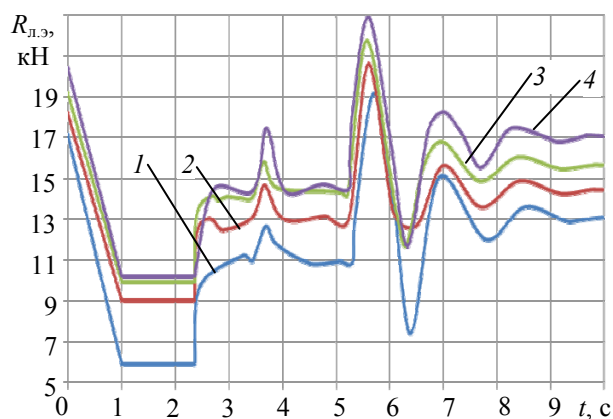


Рис. 1. Изменения реакции под левым колесом энергетического модуля в процессе падения дерева с жесткостью шин:

1 – 200 кН/м; 2 – 500 кН/м; 3 – 1250 кН/м; 4 – 2500 кН/м

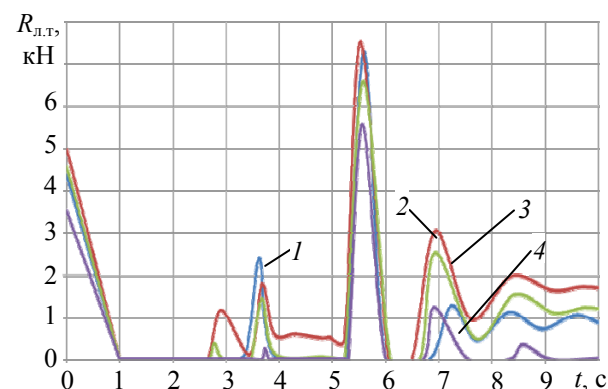


Рис. 2. Изменения реакции под левым колесом технологического модуля при падении дерева с жесткостью шин:

1 – 200 кН/м; 2 – 500 кН/м; 3 – 1250 кН/м; 4 – 2500 кН/м

Потеря устойчивости технологического модуля при жесткости 2500 кН/м в процессе падения дерева наступает шесть раз, а реакция под разгружаемым колесом отсутствует даже после падения дерева.

Оценка устойчивости лесозаготовительной машины осуществляется на основе рассмотрения изменения суммарной реакции под разгружаемым бортом МЛХ-414. Следует отметить, что минимального значения в 5861,0 Н реакция достигает при эксплуатации харвестера с шинами жесткостью 200 кН/м. Использование шин с жесткостью 500 кН/м повышает устойчивость в 1,54 раза, а с жесткостью 1250–2500 кН/м – в 1,70–1,74 раза.

2. Исследование влияния жесткости шин на устойчивость харвестера МЛХ-414. Установление массовых и габаритных параметров ВСРМ проводилось с целью обеспечения безопасности работы лесозаготовительной техники на различных видах рубок промежуточного пользования, а также уточнения рекомендуемого значения жесткости устанавливаемых шин. При этом в качестве эксплуатационного показателя лесозаготовительной машины, на основе которого проводилась оценка и выбор параметров, рассматривалась устойчивость, для оценки которой Р. Люманов [1] рекомендует использовать коэффициент грузовой устойчивости, определяемый по формуле [1–3]:

$$K = \frac{M_{\text{вост}} - M_{\text{опр}}}{M_{\text{гр}}},$$

где $M_{\text{вост}}$ – восстанавливающий момент, Н·м; $M_{\text{опр}}$ – опрокидывающий момент без учета дерева, Н·м; $M_{\text{гр}}$ – момент, создаваемый деревом, Н·м.

Коэффициент грузовой устойчивости должен превышать 1,15 при учете действия инерционных сил и динамических процессов, а в случае рассмотрения процесса в статике – 1,4 [1–5]. Г. Ш. Гамысовым установлено, что коэффициент динамичности при подъеме зависших деревьев составляет 1,08–1,22, а в режиме подъема (опускания) дерева стрелой манипулятора – 1,18–1,37 [6].

Е. В. Шувалов для шарнирно-сочлененных машин выделяет следующие признаки потери устойчивости [7, с. 65]: отрыв от плоскости склона одного из колес; необратимая потеря устойчивости и опрокидывание одной из секций трактора на ограничительные упоры другой секции; необратимая потеря устойчивости всей машины и ее опрокидывание.

Из рассмотренных видов потери устойчивости в качестве критического признака выделяют случай отрыва одного из колес, так как при работе на склонах невозможно гарантировать безопасность работы ВСРМ.

Проведенными исследованиями были получены зависимости изменения коэффициентов грузовой устойчивости энергетического и технологического модулей (K_1 , K_2) и харвестера МЛХ-414 (K_3) от жесткости шин при обработке древостоя объемом 0,27 м³ на вылете 7,3 м (рис. 3).

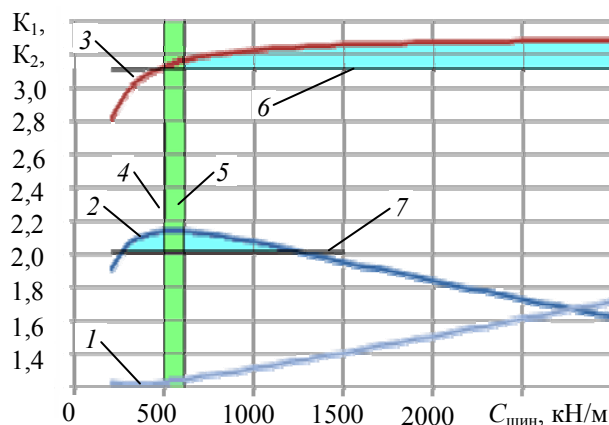


Рис. 3. Зависимость изменения устойчивости харвестера МЛХ-414 от жесткости шин:

1 – коэффициент устойчивости энергетического модуля (K_1); 2 – коэффициент устойчивости технологического модуля (K_2); 3 – коэффициент устойчивости лесозаготовительной машины (K_3); 4 – 90% от эффективной жесткости шин; 5 – 110% от эффективной жесткости шин; 6 – 95% от коэффициента K_3 ; 7 – 95% от коэффициента K_2

Применение шин с жесткостью свыше 465 кН/м снижает коэффициент K_3 менее чем на 5% от максимального значения 3,49. При использовании шин с жесткостью в диапазоне от 260 кН/м до 1230 кН/м обеспечивается устойчивость технологического модуля свыше 95% от возможной, а харвестера в диапазоне 80–99%. Уменьшение жесткости приводит к снижению устойчивости технологического модуля и лесозаготовительной машины. Увеличение жесткости свыше 1230 кН/м снижает устойчивость технологического модуля при незначительном росте устойчивости ВСРМ.

В результате теоретических исследований установлено, что эффективная жесткость шин для харвестера МЛХ-414 составляет 550 кН/м. При этом изменение жесткости шин в 20%-ном диапазоне (495–605 кН/м) не снижает устойчивости технологического модуля и обеспечивает нахождение общей устойчивости машины в 5%-ном диапазоне от максимальной.

Проведенными исследованиями установлено, что работа харвестера в древостое со средним объемом хлыста до 0,27 м³ на полном вылете гидроманипулятора возможна с отрывом колеса технологического модуля при коэффициенте запаса грузовой устойчивости МЛХ-414, равном 1,63. Наличие воды в шинах технологического модуля позволяет увеличить общий вес машины, жесткость шин и обеспечить коэффициент запаса грузовой устойчивости технологического модуля в условиях эксплуатации до 1,51, а самой лесозаготовительной машины – 2,38. В случае наполнения четырех колес жидкостью их значения составят 1,28 и 3,03 соответственно.

3. Определение номинальной жесткости шин харвестеров для рубок промежуточного пользования. Проведение определенного вида рубки требует применения современных валочно-сучкорезно-раскряжевых машин, отличающихся высокими эксплуатационными показателями. Они в значительной степени зависят от устанавливаемого технологического оборудования, что приводит к изменению параметров базового шасси и лесозаготовительной машины в целом, масса которой изменяется в значительном диапазоне. В зависимости от соотношения между массой харвестера и его ширины требуется применение шин различной жесткости, что подтверждается рис. 4.

Для лесозаготовительных машин, применяющихся на прочистке и прореживании, с увеличением их ширины требуемая жесткость уменьшается до 415 кН/м при ширине 2,7 м и максимальной массе устанавливаемого технологического оборудования. В случае минимальной массы устанавливаемого оборудования номинальная жесткость устанавливаемых шин снижается до 460 кН/м при ширине машины 2,2 м. Увеличение ширины харвестера требует увеличения жесткости для повышения устойчивости энергетического модуля.

Доказано, что при увеличении ширины харвестера требуется повышение жесткости шин, выбор которой осуществляется исходя из обеспечения максимума коэффициента грузовой

устойчивости энергетического модуля. При уменьшении ширины валочно-сучкорезно-раскряжевой машины номинальная жесткость шин и минимальная эксплуатационная масса определяются по коэффициенту устойчивости технологического модуля. Лесозаготовительная техника для рубок ухода и проходной рубки, оснащенная технологическим оборудованием минимальной массы, имеют ярко выраженный минимум эффективной жесткости шин, где коэффициенты грузовой устойчивости энергетического и технологического модуля имеют аналогичные значения.

Лесные машины, применяемые на выборочных санитарных рубках, в отличие от техники для проходных рубок, должны иметь на 10,9–20,5% более высокую жесткость шин. В ряде случаев, при минимальной массе устанавливаемого оборудования и ширине ВСПМ 3,1 м, она должна быть на 24,7% ниже и составлять 365 кН/м.

Зависимость изменения требуемой жесткости шин от ширины машины имеет близкий к параболическому характер, а минимальное значение соответствует случаю достижения коэффициента грузовой устойчивости энергетического и технологического модулей величины 1,15. В реальных условиях эксплуатации номинальная жесткость шин зависит от ряда факторов: динамических режимов нагружения, формы опорной поверхности, температуры материала шин и давления в них.

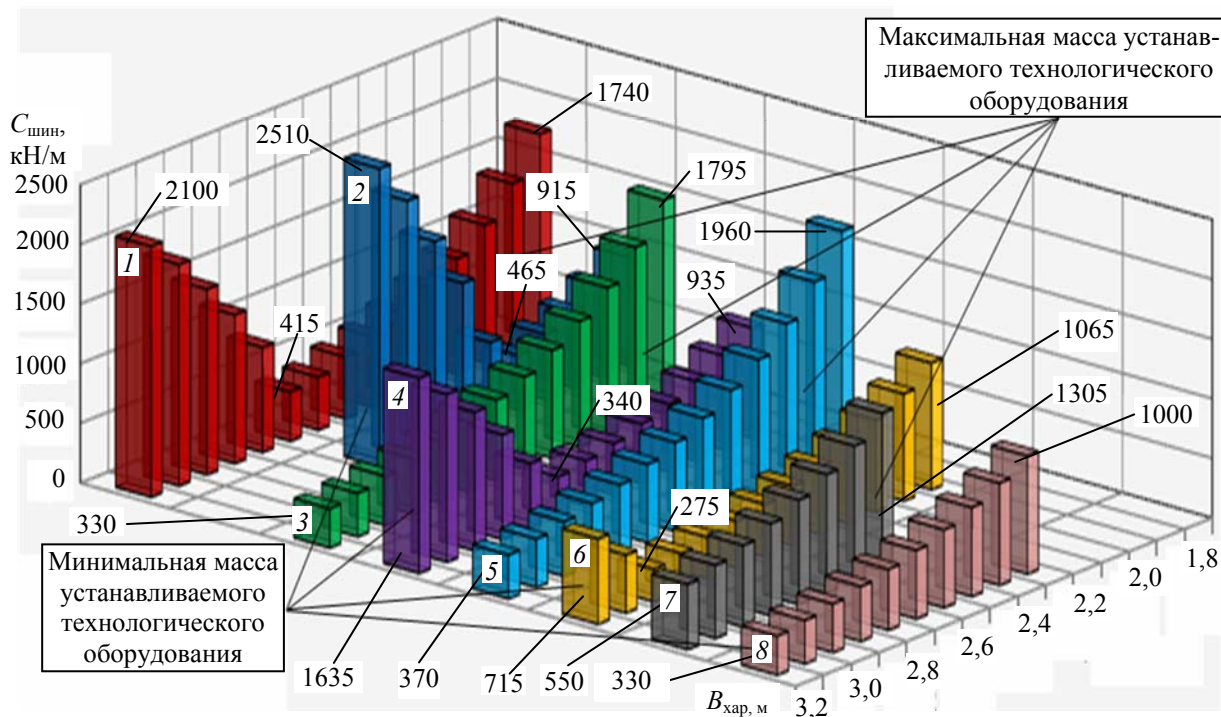


Рис. 4. Изменения рекомендуемой жесткости шин харвестеров, эксплуатирующихся на: 1, 2 – прочистке и прореживании; рубках: 3, 4 – ухода в типичных для Республики Беларусь условиях; 5, 6 – проходной; 7, 8 – выборочной санитарной

В. И. Кнорозом [8] приводятся данные о том, что в различных сечениях жесткость шин может колебаться в пределах 10%, а в области резонансных частот номинальная жесткость радиальных и диагональных шин повышается на 18–25%. При этом у шин с диагональным расположением корда номинальная жесткость, при одинаковом давлении воздуха, на 10–20 % выше, чем у радиальных. Применение широкопрофильных шин с жесткостью не менее 200 кН/м позволяет повысить курсовую устойчивость и управляемость лесозаготовительных машин с шарнирно-сочлененной рамой [9].

В результате проведенных исследований для различных видов рубок были определены диапазоны изменения рекомендуемых жесткостей, которые находятся в пределах 90–110% от величины номинальной жесткости.

При сравнении зависимостей изменения рекомендуемых жесткостей шин для различных видов рубок определено, что увеличение массовых параметров устанавливаемого технологического оборудования сопровождается смещением минимума жесткости шин в сторону увеличения ширины лесозаготовительной машины. Это отчетливо видно при рассмотрении жесткостей шин, применяемых на харвестерах для проведения прочистки и прореживания. Потеря устойчивости технологического модуля харвестера для рубок ухода (при максимальной массе технологического оборудования и объеме хлыста свыше 0,18 м³) и выборочных санитарных рубок (объем хлыста свыше 0,24 м³) независимо от массы технологического модуля наступает раньше, чем энергетического.

Следует отметить, что увеличение массы технологического оборудования и базового шасси, при аналогичных размерных величинах, требует применения шин, имеющих большую жесткость. На ВСРМ, имеющих технологическое оборудование максимальной (минимальной) массы, рекомендуется применение шин с жесткостью: 730–1275 кН/м (410–675 кН/м) при проведении прочистки и прореживания; 550–1335 кН/м (280–720 кН/м) в случае выполнения рубок ухода со средним объемом хлыста 0,18 м³; 520–1310 кН/м (300–735 кН/м) при эксплуатации на проходных рубках; 485–970 кН/м (290–565 кН/м) в случае проведения выборочных санитарных рубок.

Заключение. Проведенными исследованиями установлено, что применение одинаковых шин на лесозаготовительных машинах раз-

личного назначения часто приводит к снижению ряда эксплуатационных свойств. Для ВСРМ наиболее важным свойством является устойчивость, оценку которой производят на основе коэффициента грузовой устойчивости.

На данный параметр значительное влияние оказывает жесткость устанавливаемых шин. Она, в зависимости от массы технологического оборудования, базового шасси и ширины лесозаготовительной машины, изменяется в широком диапазоне. Для харвестеров, оснащенных технологическим оборудованием минимальной массы, номинальная жесткость изменяется от 290 кН/м, на выборочных санитарных рубках – до 735 кН/м, на рубках ухода, имеющих средний объем хлыста, – 0,18 м³.

Литература

1. Люманов, Р. Машинная валка леса / Р. Люманов. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 280 с.
2. Перфилов, М. А. Многооперационные лесосечные машины / М. А. Перфилов. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 208 с.
3. Проектирование и расчет специальных лесных машин: учеб. пособие / М. И. Зайчик [и др.]. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 208 с.
4. Бурмак, П. С. Исследование устойчивости валочно-пакетирующих машин против опрокидывания: дис. ... канд. техн. наук: 05.06.02 / П. С. Бурмак. – Химки, 1975. – 140 л.
5. Полищук, А. П. Валка леса / А.П. Полищук. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 176 с.
6. Гасымов, Г. Ш. Повышение эффективности валочно-пакетирующих машин на выборочных рубках леса: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.21.01 / Г. Ш. Гасымов; С.-Петербург. гос. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова. – Йошкар-Ола, 2011. – 39 с.
7. Трактор «Кировец». Описание и расчет / Е. А. Шувалов [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1974. – 168 с.
8. Работа автомобильных шин / В. И. Кнороз [и др.]; под ред. В. И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
9. Герис, М. І. Поліпшення курсової стійкості та керованості колісних лісотранспортних машин із шарнірно-зчленованою рамою: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / М. І. Герис; Нац. лісотехн. ун-т України. – Львів, 2010. – 21 с.

Поступила 14.03.2012