

Литература

1. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости. / Н.Ф. Бочаров, Л.Ф. Жеглов, В.Н. Зузов и др. – М: Машиностроение, 1994 – 440 С.
2. Харин Ю.С. Статистическое оценивание параметров. – Минск: БГУ, 1984.
3. ТУ РБ 28909783.004-98. г. Минск. Научно-производственное предприятие «Медиор».

УДК 629.113

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Казаченко Г.В., Басалай Г.А. (БНТУ)

Под проходимостью машин понимается их способность преодолевать препятствия различного типа – участки со слабой несущей способностью или малым сопротивлением сдвигу грунта, ямы, косогоры и т.п. [1]. В более узком смысле проходимость оценивается характером взаимодействия движителя с опорной поверхностью, т.е. сцеплением и сопротивлением движению.

В торфяной промышленности для оценки проходимости гусеничных машин используется комплексный показатель [2, 3], учитывающий три основных фактора, вызывающих, по мнению авторов, потерю проходимости – малую несущую способность грунта, недостаточность сцепления движителя с залежью, а также недостаточность мощности двигателя, отводимой на передвижение машины, для преодоления сопротивлений движению. Главным достоинством предложенного показателя проходимости является возможность количественной оценки и сравнения проходимости различных машин. Вместе с тем показатель не является вполне определенным, так как установленные при его различных значениях категории проходимости: «Хорошая», «Удовлетворительная» и «Плохая» оценивают проходимость лишь качественно.

Величина показателя проходимости зависит от трех групп факторов: конструктивных параметров машины, физико-механических свойств залежи и характеристик взаимодействия движителя с ней. Две последние группы факторов по своему характеру являются случайными величинами. Однако в формулу для вычисления комплексного показателя проходимости не входит информации о их статистических свойствах за исключением средних значений. Естественно, что одна и та же машина, работающая на залежах с одинаковыми средними значениями характеристик механических свойств, будет иметь различное число случаев потери проходимости в зависимости от распределения этих свойств, что никак не отражается в комплексном показателе проходимости.

Отмеченных недостатков можно избежать, если ввести оценку проходимости по вероятности ее потерь в зависимости от конкретных распределений физико-механических характеристик залежи и параметров взаимодействия движителя с ней.

Для обоснования и определения такого критерия проходимости рассмотрим подробнее явление потери проходимости, понимая под ним останов машины по условиям взаимодействия движителя с залежью. Непосредственными причинами останова могут быть: потеря сцепления движителя с залежью, недостаточность мощности (крутящего момента) двигателя для преодоления всех сопротивлений и останов машины водителем из-за прогрессирующей деформации залежи и опасности застревания машины.

Последнюю причину можно исключить, так как она сводится к одной из двух первых и носит субъективный характер. Две первые причины потери проходимости входят в комплексный показатель в качестве его составляющих. Третья составляющая комплексного показателя – малая несущая способность залежи – непосредственно не вызывает потери проходимости, а влечет увеличение деформации залежи под движителем. Рост деформации залежи вследствие снижения коэффициента сцепления движителя с грунтом и увеличения сопротивления движе-

нию может вызвать либо потерю сцепления движителя с грунтом, либо превышение приведенного к валу двигателя момента всех сил сопротивлений над моментом, развиваемым двигателем.

С вероятностной точки зрения, потеря проходимости - сумма двух событий, первое из которых состоит в потере сцепления движителя с грунтом, второе - в недостаточности момента двигателя для преодоления приведенного момента сопротивлений движению машины и ее рабочих органов. Ограничение проходимости по мощности двигателя целесообразнее заменить ограничением по моменту, развиваемому двигателем, так как приведенный момент не зависит от скорости движения машины и ее рабочих органов. Учитывая сказанное, в качестве критерия оценки проходимости можно взять вероятность ее потери, которая равна сумме вероятностей потери сцепления и недостаточности момента двигателя, т. е.

$$P_{\text{пр}} = P_c + P_m, \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}$ – вероятность потери проходимости (критерий проходимости);

$P_c = P(\varphi P_{\text{сц}} < F_c)$ – вероятность потери проходимости по сцеплению движителя с грунтом;

$P_m = P(M_d < M_{\text{пр}})$ – вероятность потери проходимости из-за недостаточности момента, развиваемого двигателем;

φ – коэффициент сцепления движителя с грунтом;

$P_{\text{сц}}$ – сцепкой вес машины;

F_c – суммарная сила сопротивления движению;

M_d – максимальный момент двигателя;

$M_{\text{пр}}$ – приведенный к валу двигателя момент сил сопротивлений движению машины и ее рабочих органов.

Определение вероятностей P_c и P_m в зависимости от имеющегося статистического материала может быть осуществлено различными способами. Например, при решении задач, связанных с определением эффективности применения по условиям проходимости существующих машин, P_c и P_m могут быть взяты из статистических данных по их эксплуатации. При оценке проходимости машин на этапе их создания задача нахождения P_c и P_m сложнее, так как в этой ситуации их статистические значения отсутствуют.

Для решения этой задачи рассмотрим подробнее причины, которые могут вызвать потерю проходимости технологической машины. В общем случае сила сопротивления движению машины, рабочие органы которой взаимодействуют с грунтом, является суммой силы сопротивления деформации грунта движителем и горизонтальной составляющей реакции грунта на рабочие органы. Первая составляющая силы сопротивления движению есть функция деформации залежи движителем и зависит, таким образом, от давления машины на грунт и его деформационно-прочностных свойств. Статистические характеристики этой составляющей могут быть найдены по статистическим данным физико-механических свойств грунта. Вторую часть силы сопротивления и ее статистические параметры можно определить по величине и характеру распределения нагрузок на рабочих органах.

Снижение сцепления движителя с грунтом может быть связано с прохождением машиной участка с малым коэффициентом сцепления и вследствие уменьшения коэффициента сцепления при погружении движителя в грунт, т. е. при прохождении участка с малой прочностью. Поэтому для нахождения вероятности P_c надо знать характеристики распределения коэффициента сцепления и его зависимость от погружения движителя в грунт.

Таким образом, три первичные причины могут привести к потере проходимости из-за сочетания этих причин в нескольких вариантах. Сказанное иллюстрируется схемой, приведенной на рисунке 1. Из схемы видно, что определение вероятностей потери проходимости по сцеплению P_c и по недостаточности момента двигателя P_m может быть выполнено различными способами в зависимости от имеющихся исходных данных.

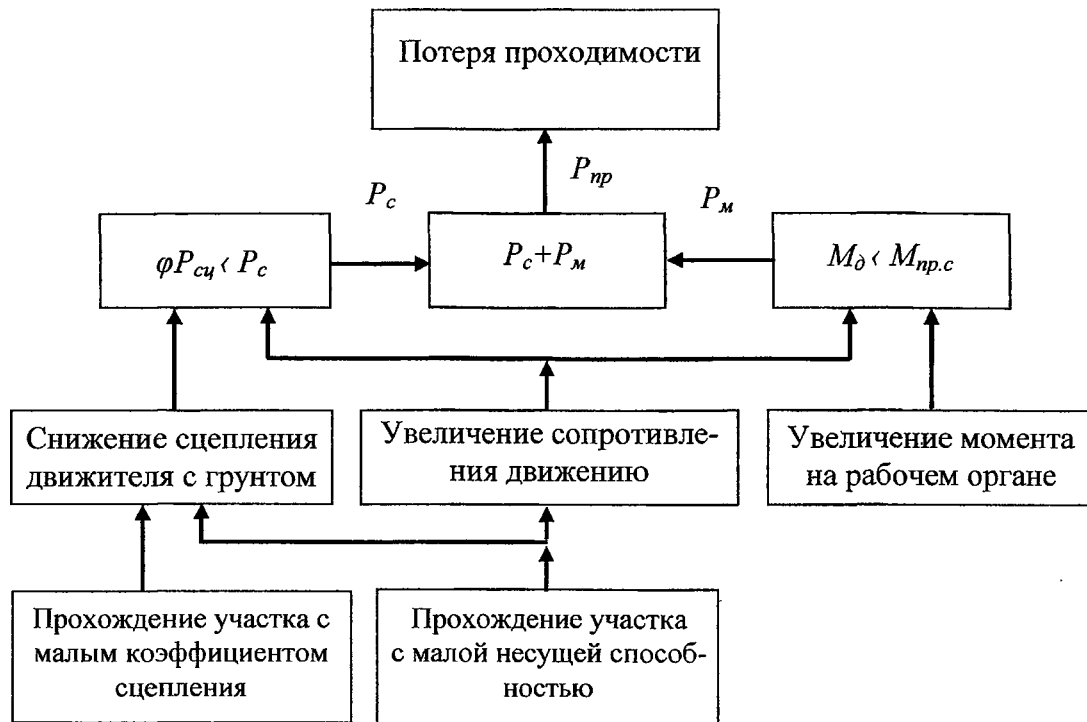


Рисунок 1. Причины потери проходимости

Изложим методику вычисления вероятностей P_c и P_m в случае, когда физико-механические свойства залежи и параметры взаимодействия с ней движителя заданы законами распределения прочности залежи, поверхностного коэффициента сцепления движителя с грунтом и нагрузок на рабочих органах. Считаем, что эти законы распределения определены посредством дифференциальных функций распределения $f(\varphi_{пр})$, $f(E)$, $f(M)$, где $\varphi_{пр}$ - коэффициент сцепления движителя с грунтом на поверхности залежи; E - модуль общей деформации залежи; M - нагрузка на рабочем органе (момент или усилие). Считаем также известными зависимости:

$$\begin{aligned} h &= h(E), \varphi = \varphi(\varphi_{пр}, h), \\ F_c &= F_c(h_c, M), M_{пр} = M_{пр}(F_c), \end{aligned} \quad (2)$$

где h - деформация грунта под движителем.

Конкретный вид перечисленных зависимостей определяется типом и параметрами движителя машины и ее рабочих органов, а также свойствами физико-механических характеристик грунта. При наличии такой исходной информации последовательность вычисления P_c и P_m :

- на основании функций распределения $f(\varphi_{пр})$, $f(E)$, $f(M)$, используя зависимости $h = h(E)$, $\varphi = \varphi(\varphi_{пр}, h)$, $M_{пр} = M_{пр}(F_c)$, находят дифференциальные функции распределения деформации залежи под движителем $f(h)$, коэффициента сцепления $f(\varphi)$, силы сопротивления $f(F_c)$ и приведенного момента $f(M_{пр})$;

- по дифференциальной функции распределения приведенного момента вычисляют P_m , которая согласно рисунка 2 определится выражением

$$P_m = 1 - \int_{-\infty}^{M_g} f(M_{пр}) dM_{пр}, \quad (3)$$

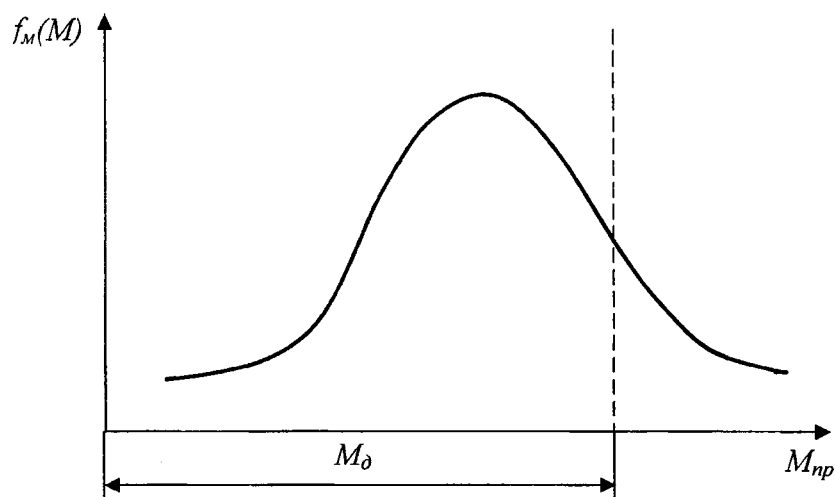


Рисунок 2. Вычисление вероятности потери проходимости из-за недостаточности момента двигателя

и, используя дифференциальные функции распределения $f(\varphi)$ и $f(F_c)$, строят интегральную функцию распределения отношения

$$\varphi F_c / F_c = \psi, \quad (4)$$

т. е. определяют функцию

$$\Phi(\psi) = P(\varphi P_{сш} / F_c \leq \psi); \quad (5)$$

- по значению этой функции при $\psi=1$ вычисляют вероятность потери сцепления движителя с грунтом

$$P_c = \Phi(1). \quad (6)$$

Изложенная методика представляется достаточно простой, однако ее реализация требует сравнительно громоздких вычислений, особенно при вычислении вероятности P_c . Поэтому представляют интерес упрощенные способы определения вероятностей P_c и P_m .

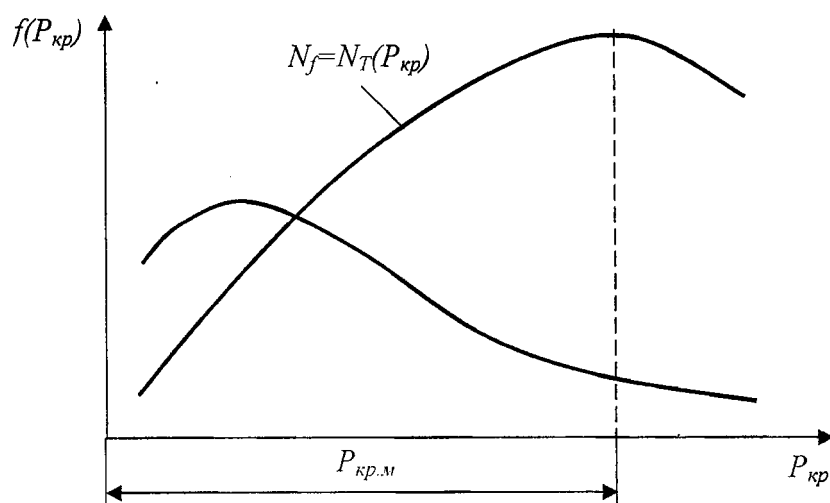


Рисунок 3. Вычисление вероятности потери проходимости по тяговым испытаниям

В частности, для вычисления P_c можно использовать данные тяговых испытаний машин и статистические характеристики распределения тяговых (крюковых) усилий прицепных

машин. Такие данные получены для большинства тракторов и прицепных машин. При их наличии вероятность потери сцепления может быть найдена из выражения (рис. 3)

$$P_c = 1 = \int_{-\infty}^{P_{кр.м}} f(P_{кр}) dP_{кр}, \quad (7)$$

где $P_{кр.м}$ – максимальное крюковое усилие, реализуемое трактором; $f(P_{кр})$ – дифференциальная функция распределения крюкового усилия прицепной машины; N_T – тяговая мощность трактора.

Данные подобного типа можно использовать и для вычисления вероятности P_m . Однако для сравнения проходимости различных машин вероятность ее потери должна быть вычислена по одной и той же методике на основании эквивалентного статистического материала. Еще одним способом вычисления вероятности проходимости, на наш взгляд, наиболее эффективным может быть использование имитационного моделирования. При применении этого метода данные для вычисления $P_{кр}$ подготавливаются путем использования законов распределения прочности основания, коэффициента сцепления и крюковых нагрузок для определения P_c и P_m . Отметим также, что вероятностная оценка проходимости по изложенной методике может применяться для движителей любого типа.

Литература

1. Скотников В.А., Пономарев А.В., Климанов А.В. Проходимость машин. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.
2. Корчунов С.С., Абакумов О.Н., Селеннов В.Г. Об оценке проходимости гусеничных машин по торфяной залежи // Тр. ин-та/ВНИИТП. 1974. – Вып. 34. – С. 43–48.
3. Базин Е.Т., Женихов Ю.И. Физико-механические свойства торфяных залежей. – Калинин: КГУ, 1982. – 86 с.

УДК 631.372:622.232

ДИНАМИКА МТА В СОСТАВЕ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА И НАВЕСНОГО ФРЕЗФОРМУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Таяновский Г.А., Ромашко Ю.В. (БНТУ)

В статье приведены методические положения параметрического анализа динамики полноприводного торфяного машинно-тракторного агрегата (МТА) с навесным фрезформирующим оборудованием.

Введение

Эффективность применения колесных тракторных энергетических средств мощностью в составе агрегата для добычи мелкокускового коммунально-бытового торфяного топлива может быть достигнута при выборе рациональных параметров технологической части и параметров агрегатирования звеньев МТА. Для обеспечения высокой надежности в работе такие агрегаты создаются на базе полноприводных тракторов. Ходовые системы оснащаются колесами с шинами специальной комплектации, в том числе сдвоенными, с целью создания необходимого запаса грузоподъемности ходовой системы, высоких тягово-сцепных свойств и проходимости агрегата, при работе с тяжелым навесным оборудованием, каким является фрезформирующее. Навесное оборудование включает приводной от независимого ВОМ торфяного МЭС моноблок с присоединенными модулями дисковой фрезы и винтового перерабатывающего пресса с формирующим одно- или многоручьевым мундштуком (рисунок 1). Дисковая фреза при встречном фрезеровании режущими элементами экскавирует торфяную массу из торфяной залежи и подает в приемное окно пресса, далее она, перемещаясь витками шнека