

ИЛЬЯ РОМАНОВИЧ ШЕГЕЛЬМАН

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесного комплекса лесотехнического факультета, Петрозаводский государственный университет

shegelman@onego.ru

ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ БУДНИК

аспирант кафедры технологии и оборудования лесного комплекса лесотехнического факультета, Петрозаводский государственный университет

budnikpavel@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫЛЕТА МАНИПУЛЯТОРА И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНО-ПРОЦЕССОРНОЙ МАШИНЫ

В статье рассмотрена методика обоснования оптимального значения максимального вылета манипулятора для валочно-трелевочно-процессорной машины. Приведены рекомендуемые значения максимального вылета манипулятора для различных природно-производственных условий.

Ключевые слова: вылет манипулятора, оптимальный, валочно-трелевочно-процессорная машина, захват дерева, погрузка в коник

В Петрозаводском государственном университете обоснована перспективность создания принципиально новой конструкции валочно-трелевочно-процессорной машины (ВТПМ) манипуляторного типа. На эту машину получен патент на полезную модель [4]. Обоснована компоновка машины и технология ее работы [3], [1]. ВТПМ состоит из базовой машины, платформы и манипулятора. На платформе установлен зажимной коник, на манипуляторе – харвестерная головка, используемая как в качестве захватно-срезающего устройства (ЗСУ), так и процессорного устройства. Машина на лесосеке выполняет функции валочно-трелевочной машины (ВТМ), а на верхнем складе – процессора. Благодаря этому обеспечивается концентрация отходов лесозаготовок (сучья, ветви, вершины) на верхнем складе, что повышает эффективность их использования в качестве вторичных ресурсов.

Величина оптимального значения максимальной длины манипулятора для бесчokerных трелевочных и валочно-трелевочных машин исследована в работах [2], [5]. Поскольку предлагаемая ВТПМ ввиду специфичности сочетания выполняемых операций отличается от исследованных в названных работах машин ЛП-17, ВП-80, ВП-100, ТБ-1, ТБ-1М, ТБ-1М-15, харвестера, форвардера, возникает необходимость обоснования ее максимального вылета манипулятора и режима работы.

Согласно расчетной схеме (рис. 1), ВТПМ обрабатывает с одной стоянки площадь, равную $S_1 = 2l_m^2 \cos \alpha - bl_m$, где α – угол между нормалью к продольной оси машины и образующей площади ($\alpha = \frac{\pi}{6}$), рад; b – ширина волока (прохода), м.

Суммарные затраты времени на набор пачки ВТПМ с одной стоянки определяются по формуле:

$$T = \left(d_0 + d_1 + \frac{(0,05897 + 0,52 \cdot q)(l_m^2 + l_m l_0 + l_0^2) + 0,847(l_m + l_0)}{3} + \frac{0,847(l_m + l_0)}{2} \right) \times \\ \times \frac{Q}{q} + \frac{10^4 (t_{mp} + t_{pm}) \cdot Q}{M \cdot (2l_m^2 \cos 30^\circ - bl_m)} + \\ + \frac{10^4 \cdot Q}{M \cdot V_{\phi n} (2l_m \cos 30^\circ - b)} - \frac{l_m}{V_{\phi n}}, \quad (1)$$

где d_0, d_1 – члены в уравнении регрессии, не зависящие от объема хлыста и вылета манипулятора, с; q – средний объем хлыста, м³; l_m – максимальный вылет манипулятора, м; l_0 – минимальный вылет манипулятора, м; Q – объем трелевочной пачки деревьев без учета кроны, который можно погрузить в коник, м³; t_{mp} – время перевода технологического оборудования из транспортного положения в рабочее, с; t_{pm} – время перевода технологического оборудования из рабочего положения в транспортное, с; M – запас леса на га, м³; $V_{\phi n}$ – скорость машины во время переездов между рабочими стоянками, м/с.

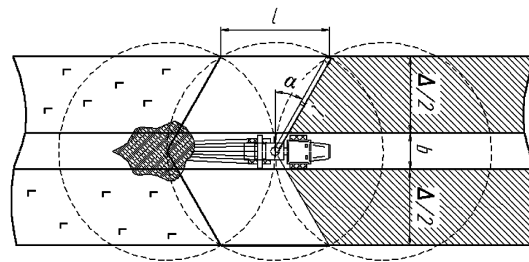


Рис. 1. Схема площадки леса, разрабатываемой ВТПМ с одной рабочей стоянки

Для нахождения оптимальной длины манипулятора следует определить точку, где суммарные затраты времени имеют минимальное значение, то есть первая производная равна нулю:

$$\frac{dT}{dl_m} = \left(\frac{(0,05897 + 0,52 \cdot q)(2l_m + l_0)}{3} + \frac{0,847}{2} \right) \times \frac{Q}{q} - \frac{10^4(t_{mp} + t_{pm}) \cdot Q}{M} \cdot \frac{4l_m \cos 30^\circ - b}{(2l_m \cos 30^\circ - b)^2} - \frac{2 \cdot 10^4 Q \cos 30^\circ}{M \cdot V_{\phi n} (2l_m \cos 30^\circ - b)^2} - \frac{1}{V_{\phi n}} = 0. \quad (2)$$

После преобразований выражения (2) получим уравнение пятой степени (значения параметров приведены в табл. 1):

$$a_1 l_m^5 + a_2 l_m^4 + a_3 l_m^3 + a_4 l_m^2 + a_5 l_m + a_6 = 0. \quad (3)$$

Таблица 1

Значения параметров

Параметр	Значение параметра
a_1	$16 \cdot \cos^2 30^\circ \cdot Q \cdot (0,05897 + 0,52 \cdot q) \cdot M \cdot V_{\phi n}$
a_2	$4 \cdot \cos \alpha \cdot M \cdot (Q \cdot V_{\phi n} \cdot (2 \cdot (0,05897 + 0,52 \cdot q) \cdot (\cos 30^\circ \cdot l_0 - 2 \cdot b) + 3 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,847) - 6 \cdot \cos 30^\circ \cdot q)$
a_3	$4 \cdot M \cdot b \cdot (Q \cdot V_{\phi n} \cdot ((0,05897 + 0,52 \cdot q) \cdot (b - 2 \cdot l_0 \cdot \cos 30^\circ) - 3 \cdot 0,847) + 6 \cdot q \cdot \cos 30^\circ)$
a_4	$b^2 \cdot M \cdot (Q \cdot V_{\phi n} \cdot (2 \cdot l_0 \cdot (0,05897 + 0,52 \cdot q) + 3 \cdot 0,847) - 6 \cdot q) - 12 \cdot q \cdot Q \cdot 10^4 \cdot \cos 30^\circ$
a_5	$-24 \cdot q \cdot \cos 30^\circ \cdot (t_{mp} + t_{pm}) \cdot Q \cdot 10^4 \cdot V_{\phi n}$
a_6	$6 \cdot q \cdot b \cdot (t_{mp} + t_{pm}) \cdot Q \cdot 10^4 \cdot V_{\phi n}$

Решение данного уравнения осуществлялось с помощью оригинальной «Программы расчета оптимального значения максимального вылета манипулятора». С помощью полученных выше зависимостей и данной программы было вычислено оптимальное значение максимального вылета манипулятора для различных регионов России (табл. 2). На рис. 2 приведена зависимость оптимального значения максимального вылета манипулятора от запаса леса на 1 га и среднего объема хлыста. Расчеты проведены при следующих значениях исходных данных: угол между нормалью к продольной оси модели и образующей площадки – 30° , минимальный вылет манипулятора – 1,4 м, скорость машины между рабочими стоянками – 0,8 м/с, суммарное время на перевод технологического оборудования в рабочее положение и обратно в транспортное – 10 с, площадь поперечного сечения коника – $2,2 \text{ м}^2$.

Анализ результатов расчетов показал, что оптимальное значение величины максимального вылета манипулятора уменьшается с увеличением запаса леса на 1 га и возрастает с увеличением среднего объема хлыста. В зависимости от специфики регионов России на ВТПМ рекомендуется устанавливать манипуляторы с разным максимальным вылетом. Например, для Республики Карелии можно рекомендовать манипулятор с

вылетом 7,2 м, а для Вологодской области достаточно будет 6,7 м.

Таблица 2

Оптимальное значение максимального вылета манипулятора

Регион	Средний объем хлыста, м^3	Средний диаметр, см	Запас на га, м^3	Оптимальный вылет, м
Архангельская область	0,25	19,10	138	6,99
Вологодская область	0,32	20,40	187	6,67
Республика Карелия	0,29	19,90	132	7,21
Ленинградская область	0,33	20,80	234	6,32
Мурманская область	0,18	18,80	54	8,56
Новгородская область	0,40	21,50	219	6,57
Кировская область	0,39	21,10	224	6,51
Пермский край	0,38	21,00	212	6,59
Свердловская область	0,44	23,70	192	6,86
Тюменская область	0,49	24,30	134	7,60
Томская область	0,42	22,40	181	6,93
Кемеровская область	0,41	22,00	150	7,26
Красноярский край	0,71	29,00	137	7,79
Иркутская область	0,74	32,90	196	7,14

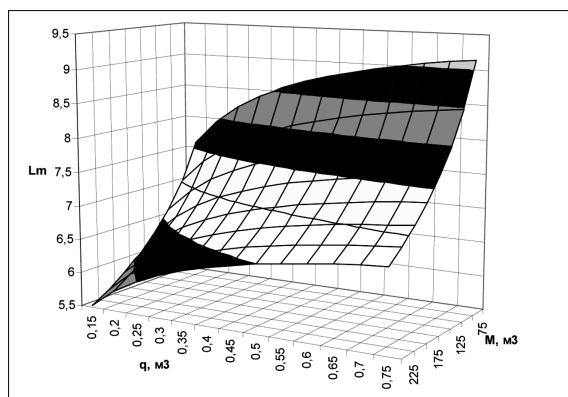


Рис. 2. Зависимость оптимального значения максимального вылета манипулятора от среднего объема хлыста и запаса на 1 га

В целом, как видно из приведенных данных (табл. 2), оптимальное значение максимального вылета манипулятора варьируется от 6 до 9 м. В настоящее время широко используются телескопические манипуляторы, которые имеют возможность изменять свою длину. Поэтому для ВТПМ можно рекомендовать универсальный манипулятор, способный эффективно работать в различных природно-производственных условиях с вылетом 6,3–6,5 м и телескопической вставкой 2–2,3 м.

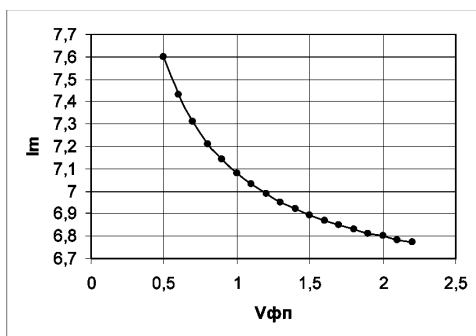


Рис. 3. График зависимости оптимального значения максимального вылета манипулятора от скорости движения ВТПМ в процессе формирования пачки деревьев

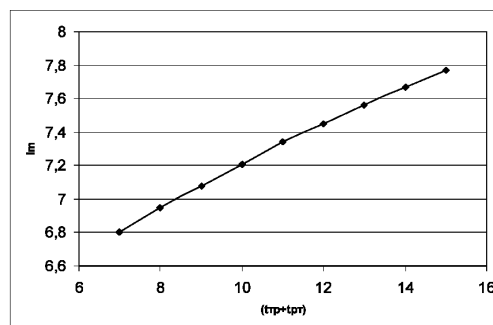


Рис. 4. График зависимости оптимального значения максимального вылета манипулятора от времени, затрачиваемого на перевод оборудования из транспортного положения в рабочее и обратно при наборе пачки

Кроме специфики регионов на величину максимального вылета манипулятора влияет режим работы ВТПМ в процессе формирования пачки деревьев (рис. 3, 4).

Расчеты показали, что с увеличением скорости движения машины между рабочими стоянками значение вылета уменьшается (рис. 3). С увеличением времени на перевод технологического оборудования из транспортного положения в рабочее и обратно величина оптимального значения максимального вылета манипулятора также увеличивается (рис. 4).

Следует отметить, что исследования по оптимальным параметрам манипулятора носят предварительный характер, так как требуют уточнения, например, по условию устойчивости машины, экспериментальной проверки и экономической целесообразности.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная в работе расчетная схема (формулы (1)–(3), рис. 1) и разработанная про-

грамма позволяют определять оптимальный вылет ВТПМ в зависимости от среднего объема хлыста, среднего запаса на 1 га, объема трелеваемой пачки, минимального вылета манипулятора, ширины волока, времени перевода технологического оборудования из транспортного положения в рабочее и обратно, скорости машины во время переездов между рабочими стоянками.

2. Для повышения производительности ВТПМ рекомендуется вылет манипулятора от 6 до 9 м (в зависимости от специфики лесонасаждений и режимов работы). Возможна установка на ВТПМ универсального манипулятора с вылетом 6,3–6,5 м и телескопической вставкой 2–2,3 м.

3. Для определения вылета манипулятора рекомендуется математическая модель (3), учитывающая его зависимость от лесотаксационных показателей древостоя, режимов работы и некоторых конструктивных особенностей лесозаготовительной машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклагин В. Н., Будник П. В. Обоснование универсальной лесозаготовительной машины для заготовки сортиментов и технологического процесса производства топливной щепы мобильными рубительными машинами на лесосеке. Петрозаводск, 2008. 22 с.
2. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Галактионов О. Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 344 с.
3. Шегельман И. Р., Кузнецов А. В., Будник П. В., Баклагин В. Н., Скрыпник В. И. Подготовка и переработка древесного сырья для получения щепы энергетического назначения (биотоплива) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2010. № 8(113). С. 79–82.
4. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И. Валочно-трелевочно-процессорная машина. Патент на полезную модель. Заявка № 200914475422(063722).
5. Harstela P. Forest work science and technology, part I. Silva Carelica 25. 1993. 113 p.