

яющих друг друга, что, в свою очередь, привело бы к наиболее достоверному результату всего процесса дешифрирования КФС.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды.— М.: Мысль, 1976.— 288 с. [2]. Смирнов Л. Е. Аэрокосмические методы географических исследований.— Л.: ЛГУ, 1975.— 303 с.

УДК 630*232 : 65.011.56

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО МОСТА НА ВЕЛИЧИНУ ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

Н. П. ДНЕПРОВСКИЙ

ВНИИПОМлесхоз

Базовой машиной автоматизированного лесного питомника является тяговый мост (ТМ), предназначенный для перемещения агрегируемых с ним орудий и механизмов, передачи энергии к их активным рабочим органам, а также для программного координатного управления всем агрегатом в процессе выполнения технологических операций. ТМ состоит из двух ходовых тележек, пролетной фермы, поперечно перемещающейся каретки со штангой телескопического типа и кабины оператора. Пролетная ферма связана с ходовыми тележками с помощью вертикальных стоек. Каждая ходовая тележка имеет два ведущих двухребордных колеса. Агрегирование орудия со штангой ТМ производится с помощью универсальной навески. Перемещается ТМ по рельсам.

При разработке систем автоматического управления (САУ) ТМ первостепенную важность приобрел вопрос реализации необходимой точности повторных траекторий рабочих органов орудий (δ_0), которая определяет минимальную величину защитной зоны в питомнике. Иными словами, необходимо выбрать способ отслеживания рядков с помощью САУ ТМ, начиная с операции, следующей за посевом семян, и кончая выкопкой растений. В принципе таких способов может быть два: повторение траекторий рабочих органов орудий (путем точного останова в одном и том же месте движущихся частей ТМ) с учетом всех люфтов, влияющих на δ_0 , и отслеживание рядков или первичных траекторий с помощью датчиков, жестко связанных с рабочими органами орудия. Последний способ, в свою очередь, подразделяется на непосредственное отслеживание и косвенное (например, рельса).

Цель настоящей работы — анализ первого способа, примененного при разработке САУ ТМ во ВНИИПОМлесхозе.

Величина δ_0 зависит: от люфтов в плоскости, перпендикулярной рельсу, для орудия x_1 , навески x_2 и ходовых тележек x_3 , от точности останова каретки δ_k и штанги при развороте α ; от зазоров между ребордами ходовых колес и головкой рельса y . Следовательно, введя коэффициенты приведения k , можно записать:

$$\delta_0 = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + k_4 \delta_k + k_5 \alpha + k_6 y. \quad (1)$$

За начальное положение рабочего органа орудия принимаем такое состояние, когда все люфты выбраны наполовину, штанга и каретка остановлены абсолютно точно в заданном месте, зазоры между ребордами ходовых колес и головкой рельса справа и слева от рельса одинаковы. В этом случае $\delta_0 = 0$. При невыполнении перечисленных условий δ_0 будет изменяться либо в положительную, либо в отрицательную сторону. За положительное примем отклонение орудия вправо от начального положения, за отрицательное — влево. Необходимость в строгом разграничении положительных и отрицательных погрешностей вытекает из возможности получить $\delta_0 = 0$ за счет взаимной компенсации ее отдельных составляющих.

Все перечисленные люфты непосредственно влияют на δ_0 как в положительную, так и в отрицательную сторону. Для величины $k_i x_i$ (где $i = 1, 2, 3$) имеем

$$(k_i x_i)_{max} = \pm 0,5 x_i. \quad (2)$$

Из рис. 1 видно, что δ_k изменяется от 0 до $\pm \delta_k max$. Следовательно,

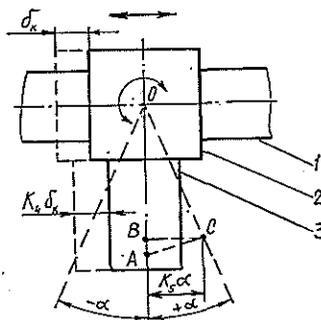
$$(k_4 \delta_k)_{max} = \pm \delta_k max. \quad (3)$$

Для определения $k_5 \alpha$ также обратимся к рис. 1. Величину $k_5 \alpha$, равную BC , можно найти из треугольника OBC :

$$(k_5 \alpha)_{max} = BC = P \sin(\pm \alpha_{max}) = \pm P \sin \alpha_{max}, \quad (4)$$

где P — расстояние от оси вращения штанги до рабочих органов орудия (OC).

Рис. 1. Упрощенная схема разворота орудия и перемещения его вдоль фермы:
1 — ферма; 2 — каретка;
3 — навеска с орудием



Так как угол α изменяется в пределах нескольких долей градуса*, то:

$$(k_{3\alpha})_{max} = \pm P\alpha_{max}/57,3^\circ. \quad (5)$$

Величину k_{6y} можно выразить по-разному, в зависимости от принципиально различных сдвигов ТМ относительно начального положения — параллельного и под углом (рис. 2).

В первом случае рассуждения и выводы будут аналогичны таковым при определении k_{1x_1} , k_{2x_2} и k_{3x_3} , т. е.

$$(k_{6,1y})_{max} = \pm 0,5y. \quad (6)$$

Во втором случае величина k_{6y} зависит от положения точек, относительно которых вращается ТМ.

Остановимся на варианте, дающем при прочих равных условиях максимум k_{6y} . Значение δ_0 изменяется от 0 до $k_{6,2y_{max}}$.

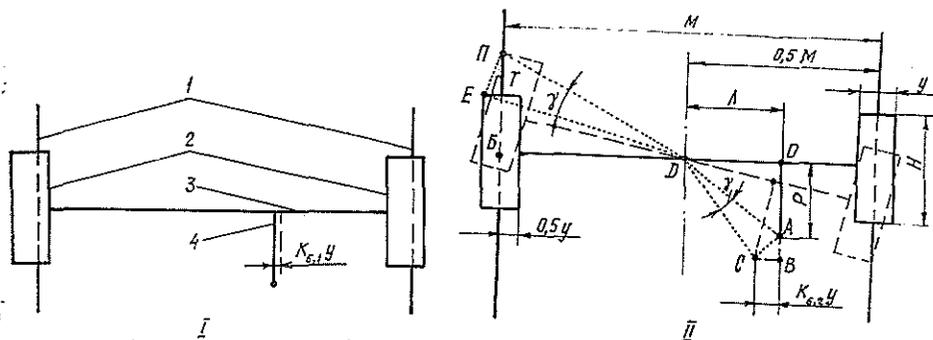


Рис. 2. Упрощенная схема сдвига тягового моста; I — сдвиг параллельный; II — сдвиг под углом; 1 — рельсы; 2 — ходовые тележки; 3 — ферма; 4 — каретка с навеской и орудием

Из рис. 2 видно, что ТМ повернется на угол γ относительно точки D. Нас интересует величина $k_{6,2y} = CB$, которую можно найти из треугольника ABC:

$$CB = AC \sin \angle CAB; \quad (7)$$

$$\angle CAB = 180^\circ - \angle DAC - \angle DAO; \quad (8)$$

$$\angle DAC = 0,5(180^\circ - \gamma); \quad (9)$$

$$\angle DAO = \arctg DO/OA = \arctg L/P. \quad (10)$$

Подставив (9) и (10) в (8), получим:

$$\angle CAB = 180^\circ - 90^\circ + 0,5\gamma - \arctg L/P = 90^\circ - \arctg L/P + 0,5\gamma; \quad (11)$$

$$AC = 2DA \sin 0,5\gamma;$$

$$DA = \sqrt{DO^2 + OA^2} = \sqrt{L^2 + P^2}; \quad (12)$$

$$AC = 2\sqrt{L^2 + P^2} \sin 0,5\gamma.$$

* Испытания экспериментального образца тягового моста и предложения по его модернизации. Т. 3: Заключительный отчет / Всесоюз. НИИ противопож. охраны лесов и механизации лесн. хоз-ва (ВНИИПОМлесхоз); Руководители А. Е. Карасев, Н. П. Днепровский.— III, 1.3; № 76074717; Инв. № Б975926.— Красноярск, 1980.— 187 с.

Подставляем (11) и (12) в (7) и находим выражение для СВ

$$СВ = 2\sqrt{L^2 + P^2} \sin 0,5\gamma \sin(90^\circ - \arctg L/P + 0,5\gamma). \quad (13)$$

Упростим (13), принимая:

$$\sin(90^\circ - x) = \cos x;$$

$$\sin x \cos y = 0,5 [\sin(x + y) + \sin(x - y)];$$

$$СВ = \sqrt{L^2 + P^2} [\sin \arctg L/P + \sin(\gamma - \arctg L/P)].$$

При $\gamma = 0$ будет наблюдаться чисто параллельный сдвиг, а при $\gamma = \gamma_{max}$ — сдвиг под углом, что соответствует $(k_{6,y})_{max}$. Учитывая это и также то, что вращение ТМ может произойти в другую сторону, запишем:

$$(k_{6,y})_{max} = \pm \sqrt{L^2 + P^2} [\sin \arctg L/P + \sin(\gamma_{max} - \arctg L/P)]. \quad (14)$$

Величину γ_{max} определим из треугольника ДПЕ (рис. 2):

$$\gamma_{max} = 2 \arcsin PE/2DE.$$

Так как $PE \ll DE$ [1], то можно записать:

$$\gamma_{max} = 57,3^\circ \cdot PE/DE. \quad (15)$$

Величину PE определим из треугольника ТЕП

$$PE = \sqrt{PT^2 + TE^2}.$$

Из рис. 2 видно, что $TE = 0,5y$ и

$$PT = BP - BT = BP - 0,5H;$$

$$BP = \sqrt{DII^2 - DB^2} = \sqrt{DE^2 - (0,5M)^2};$$

$$DE = \sqrt{DB + 0,5y + BT^2} = \sqrt{(0,5M + 0,5y)^2 + (0,5H)^2}. \quad (16)$$

Так как $M \gg y$ [1], то (16) можно упростить:

$$DE = \sqrt{(0,5M)^2 + (0,5H)^2} = 0,5\sqrt{M^2 + H^2};$$

$$BP = \sqrt{0,25(M^2 + H^2) - 0,25M^2} = 0,5H; \quad (17)$$

$$PT = 0,5H - 0,5H = 0;$$

$$PE = TE = 0,5y. \quad (18)$$

Подставив (17) и (18) в (15), получим:

$$\gamma_{max} = 57,3^\circ \cdot 0,5y/0,5\sqrt{M^2 + H^2} = 57,3^\circ \cdot y/\sqrt{M^2 + H^2}. \quad (19)$$

Величину δ_{0max} находим по формуле (1), подставляя в нее (2), (3), (5) и (6) или (14). Две последние формулы дают результаты одного порядка, которые в зависимости от параметров ТМ могут быть больше или меньше друг друга. Для определения δ_{0max} необходимо использовать ту из них, которая в конкретном случае дает большую величину k_{6y} .

Для надежной работы САУ ТМ должно удовлетворяться неравенство

$$\delta_{0max} \leq \delta_{0зад}, \quad (20)$$

так как один только случай с $\delta_{0max} > \delta_{0зад}$ повлечет за собой уничтожение целой грядки посевов.

С учетом изложенного предлагаем следующую методику определения возможности применения способа отслеживания первичных траекторий рабочих органов орудий за счет точного останова в одном и том же месте движущихся частей ТМ и учета всех люфтов, влияющих на δ_0 .

По формулам (1), (2), (3), (5), (19) и (6) или (14) определяем δ_{0max} и сравниваем ее с $\delta_{0зад}$, согласно неравенству (20).

Если это неравенство выполняется, вопрос о применении названного способа следует решать положительно, если не выполняется — стоит подумать о способах уменьшения δ_{0max} . Таких способов несколько: изменить геометрические размеры ТМ; установить дополнительные датчики и блоки в САУ ТМ для компенсации влияния люфтов;

вести систему синхронизации положения ходовых тележек относительно специально установленных (например, на рельсе) маркерных датчиков (меток) для компенсации влияния зазоров между ребрами ходовых колес и головкой рельса; заменить датчики и системы автоматического останова каретки и штанги на более точные, что, однако, вызовет их усложнение и удорожание. При неприемлемости этих способов или невозможности с их помощью удовлетворить неравенство (20) предлагается рассматривать вопрос об увеличении $\delta_{\text{зад}}$. Если и в этом случае не удастся получить желаемого результата, то следует говорить о непригодности в данном конкретном случае первого способа отслеживания и приступить к рассмотрению второго способа.

Приводим пример расчета ТМ, обладающего следующими параметрами: $M = 10$ м; $H = 2,8$ м; $P = 2$ м; $y = 2 \cdot 10^{-2}$ м; $x_1 = 10^{-2}$ м; $x_2 = 10^{-2}$ м; $x_3 = 1,5 \cdot 10^{-2}$ м; $\delta_{\text{к max}} = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ м; $a_{\text{max}} = \pm 0,1^\circ$; $\delta_{0 \text{ зад}} = \pm 2,5 \cdot 10^{-2}$ м.

1. Определяем, которая из формул (6) и (14) даст больший результат $k_{6,1} y_{\text{max}} = \pm 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = \pm 0,01$ м.

Перед тем, как считать величину $(k_{6,2} y)_{\text{max}}$, найдем по формуле (19) γ_{max} :

$$\gamma_{\text{max}} = 57,3^\circ \cdot 2 \cdot 10^{-2} / \sqrt{100 + 7,84} = 0,11^\circ.$$

Тогда

$$(k_{6,2} y)_{\text{max}} = \pm \sqrt{25 + 4} [\sin \arctg 5/2 + \sin (0,11^\circ - \arctg 5/2)] = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Видно, что $(k_{6,2} y)_{\text{max}} < (k_{6,1} y)_{\text{max}}$. Следовательно, $(k_{6} y)_{\text{max}} = 0,01$ м.

2. По формулам (2), (3) и (5) найдем остальные составляющие $\delta_{0 \text{ max}}$:

$$(k_1 x_1)_{\text{max}} = \pm 0,5 \cdot 10^{-2} = \pm 0,005 \text{ м;}$$

$$(k_2 x_2)_{\text{max}} = \pm 0,5 \cdot 10^{-2} = \pm 0,005 \text{ м;}$$

$$(k_3 x_3)_{\text{max}} = \pm 0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} = \pm 0,007 \text{ м;}$$

$$(k_4 \delta_{\text{к}})_{\text{max}} = \pm 0,005 \text{ м;}$$

$$(k_5 a)_{\text{max}} = \pm 2 \cdot 0,1^\circ / 57,3^\circ = \pm 0,003 \text{ м.}$$

3. По формулам (1) определим $\delta_{0 \text{ max}}$

$$\delta_{0 \text{ max}} = \pm 0,005 \pm 0,005 \pm 0,007 \pm 0,005 \pm 0,003 \pm 0,01 = \pm 0,035 \text{ м.}$$

Сравнивая ее с $\delta_{0 \text{ зад}}$, видим, что $\delta_{0 \text{ max}} > \delta_{0 \text{ зад}}$. Неравенство (20) не соблюдается.

4. Для компенсации влияния люфтов ходовых тележек и зазоров между ребрами колес и головкой рельса введем в САУ ТМ дополнительные датчики и блоки. Это уменьшит $(k_3 x_3)_{\text{max}}$ и $(k_6 y)_{\text{max}}$ до $\pm 0,001$ м. Теперь условие (20) соблюдается. Следовательно, способ отслеживания за счет точного останова каретки и штанги и учета люфтов приемлем для данного ТМ.

УДК 674.8 : 681.5

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ОБЪЕМНОГО РАСХОДА ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ю. В. НОВОСЕЛОВ, В. Т. ШНЫРЕВ

Уральский лесотехнический институт

На деревообрабатывающих и лесопромышленных предприятиях применяют технологические операции объемного дозирования и учета объемов измельченной древесины (технологической щели, древесной стружки, опилок и т. д.). Для автоматизации этих операций необходимо применять датчики объемного расхода древесины. С использованием метода, основанного на переводе насыпного объема в плотный, разработан ряд устройств [2, 3]. При этом определяют число заполнений мерных емкостей (бункеров, секторов дозаторов и т. д.) либо измеряют геометрические размеры слоя на движущемся ленточном транспортере. В обоих случаях при переводе насыпного объема в плотный используют пересчетные коэффициенты. Существенные недостатки таких устройств: большие габариты, масса и металлоемкость, а также низкая точность измерений. Анализ метрологических характеристик данного метода показал, что большая ошибка измерения обусловлена трудностями определения переводных коэффициентов для конкретных условий, которые зависят от большого числа факторов; основные из них: плотность древесины и фракционный состав.