

значении реально достижимо в производственных условиях за счет сугубо организационных мероприятий без существенных дополнительных затрат.

1. Диспетчеризации вывозки хлыстов из лесосеки путем регламентации прибытия лесоавтопоездов к местам разгрузки согласно указанному времени в путевом листе или специальном талоне.

2. Выхода на линию лесоавтопоездов по графику.

3. Скользящего графика обеденных перерывов для водителей.

4. Наличие сезонного запаса хлыстов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турлай И.В., Ковалев Н.Ф. Исследование лесозаготовительных систем с простейшими процессами методом статического моделирования на ЭВМ. — Лесной журнал, 1975, № 6.

УДК 634.0323.7.001.6

С.С. ЛЕБЕДЬ, канд.техн.наук,

Н.И. ЖАРКОВ, ст.науч.сотр.

(БТИ им. С.М. Кирова)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЩИТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ТОРЦОВ ПАКЕТОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Целью исследования является определение закона движения подвижного торцующего щита, являющегося исполнительным органом разработанного в БТИ им. С.М. Кирова гравитационно-силового устройства для выравнивания торцов пачек (пакетов) круглых лесоматериалов [1], и определения продолжительности рабочего цикла и других величин.

В зависимости от заданных движущихся сил и сил полезных сопротивлений, а также характера их взаимодействия могут иметь место различные принципиальные схемы, каждая из которых включает несколько периодов движения.

В рассматриваемом случае полный цикл работы установки состоит из рабочего и холостого циклов.

Так как динамика системы при холостом цикле сравнительно проста, а продолжительность его не влияет на производительность всего производственного процесса, то рассмотрим рабочий цикл установки [2].

В этом случае движущими являются сила тяжести G груза-аккумулятора и сила тяги T привода, действие которых на торцующий щит передается посредством гибких нерастяжимых нитей (цепей или тросов). Силами полезных сопротивлений являются сила сопротивления продольному перемещению бревен друг относительно друга T_c (усилие торцевания) и сила сопротивления перемещения всего пакета бревен относительно люльки T_{II} до момента соприкосновения с неподвижным щитом (стенкой).

На рис. 1 показаны торцующий щит 1, пакет лесоматериалов 2, неподвижный щит (стенка) 3, гибкая нить 4 для соединения груза 5 со щитом 1, гибкая нить 6 привода установки и люлька 7.

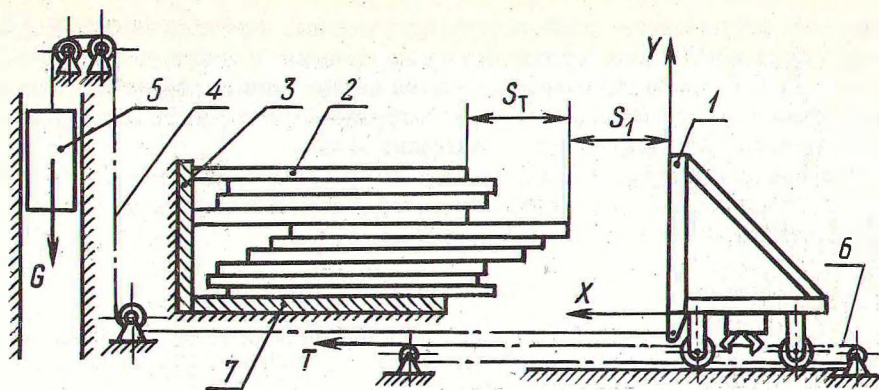


Рис. 1. Принципиальная схема торцевыравнивающего устройства.

В производственных условиях наиболее часто, на наш взгляд, будут встречаться следующие две принципиальные схемы работы установки, в которых примем $T_c = T_n = \text{constant}$.

Первая схема характеризуется наличием пути свободного разбега торцующего щита S_1 , равного расстоянию от плоскости щита до пакета, и имеет два варианта: вариант 1.1 при $G \geq T_c$, вариант 1.2 при $G \leq T_c$ и $G + T \geq T_c$.

Вторая схема характерна отсутствием пути свободного разбега торцующего щита и имеет два варианта: вариант 2.1 при $G \geq T_c$; вариант 2.2 при $G < T_c$ и $G + T > T_c$.

Настоящая статья и ограничивается рассмотрением этих двух схем с четырьмя вариантами.

Схема первая, вариант 1.1. В начальный период движение торцующего щита будет происходить по зависимости

$$(m_1 + m_5) \frac{d^2 x}{dt^2} = G, \quad (1)$$

где m_1 — масса торцующего щита; m_5 — масса груза-аккумулятора. Уравнение (1) справедливо для $0 \leq x \leq S_1$.

После прохождения пути S_1 щит коснется торца пакета лесоматериалов и уравнение движения будет иметь вид

$$(m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2) \frac{d^2 x}{dt^2} = G - T_c, \quad (2)$$

где m_2 — масса пакета лесоматериалов, коэффициент $1/2$ при m_2 принят из условий наибольшего сопротивления, которому соответствует движение одной половины лесоматериалов относительно другой.

При этом удар щита о пакет будем считать неупругим.

Уравнение (2) справедливо для условий: $S_1 \leq x \leq S_1 + S_T$, где S_T — путь проходимый щитом в процессе выравнивания торцов пакета, начиная с момента касания пакета.

Схема первая, вариант 1.2. В начальный период движение щита будет характеризоваться зависимостью (1), которая справедлива для $0 \leq x \leq S_1$.

В следующий период, т.е. после удара щита о пакет, уравнение движения будет иметь вид (2), которое справедливо при условии

$$G(S_1 + S_T) \geq T_c \cdot S_T.$$

При других условиях во втором периоде движение щита может происходить по зависимости

$$(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2) \frac{d^2 x}{dt^2} = G + T - T_c. \quad (3)$$

Схема вторая, вариант 2.1. Уравнение движения будет иметь вид (2).

Схема вторая, вариант 2.2. Процесс торцевания будет происходить с постоянной скоростью, равной скорости цепи привода, с которой будет соединен щит.

Рассмотрим решения уравнений движения торцующего щита и связанных с ним звеньев в обеих схемах для указанных четырех вариантов.

Вариант 1.1. Уравнение (1) представим в виде

$$(m_1 + m_5) \frac{dv}{dt} = G, \quad (1a)$$

где $\frac{dv}{dt}$ — производная от скорости движения щита (груз движется с той же скоростью) v по времени t .

После распределения переменных и интегрирования этого уравнения получим

$$(m_1 + m_5) v = Gt + C_1.$$

Известно, что при $t = 0$ скорость $v=0$, следовательно, $C_1=0$ и уравнение примет вид

$$(m_1 + m_5) v = Gt. \quad (4)$$

Подставив в (4) $v = \frac{dx}{dt}$ и разделив переменные, получим

$$(m_1 + m_5) \int_0^x dx = G \int_0^t t dt$$

или

$$(m_1 + m_5) x = \frac{1}{2} G t^2. \quad (5)$$

Учитывая, что при $x=S_1 \Rightarrow t = t_1$, где t_1 — время свободного разбега щита, из уравнения (5) получим

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5) S_1}{G}}. \quad (6)$$

Так как при $t=t_1 \Rightarrow v=v_1$ (скорость щита в момент касания пакета), то из зависимостей (4) и (6) найдем

$$v_1 = \sqrt{\frac{2GS_1}{m_1 + m_5}}. \quad (7)$$

После соприкасания щита с пакетом произойдет уменьшение скорости до v_2 , которую можно определить по зависимости

$$v_2 = \frac{m_1 + m_5}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \cdot v_1$$

или с учетом (7)

$$v_2 = \frac{\sqrt{2(m_1 + m_5) GS_1}}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}. \quad (7a)$$

Во втором периоде движение будет происходить по зависимости (2), которую после некоторых преобразований можно представить в виде

$$(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2) \int_{v_2}^v dv = (G - T_c) \int_{t_1}^t dt$$

или, после интегрирования,

$$(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)(v - v_2) = (G - T_c)(t - t_1), \quad (8)$$

откуда

$$v = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} (t - t_1) + v_2. \quad (9)$$

Из (9) получим $t_{\text{ц}}$

$$\int_{S_1}^{S_1 + S_T} dx = \frac{G + T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \int_{t_1}^{t_{\text{ц}}} (t - t_1) dt + v_2 \int_{t_1}^{t_{\text{ц}}} dt$$

или, после интегрирования,

$$S_T = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \cdot \frac{(t_{\text{ц}} - t_1)^2}{2} + v_2(t_{\text{ц}} - t_1), \quad (10)$$

где $t_{ц}$ — продолжительность всего цикла торцевывравнивания.

Из (10) найдем

$$t_{ц} = t_1 - \frac{v_2(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)}{G - T_c} +$$

$$\frac{\sqrt{v_2^2 + \frac{2(G - T_c) \cdot S_T}{(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)}} \cdot (m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)}{G - T_c}$$

или

$$t_{ц} = t_1 + \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}{G - T_c} \cdot \left(\sqrt{v_2^2 + \frac{2(G - T_c) \cdot S_T}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}} - v_2 \right) \quad (11)$$

Подставляя в (11) значение t_1 из (6) и v_2 из (7а), получим

$$t_{ц} = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5)S_1}{G}} + \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}{G - T_c} \times$$

$$\times \left(\sqrt{\frac{2(m_1 + m_5)GS_1}{(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)^2} + \frac{2(G - T_c) \cdot S_T}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}} - \frac{\sqrt{2(m_1 + m_5)GS_1}}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \right). \quad (12)$$

Уравнение (12) выражает связь между продолжительностью цикла выравнивания торцов пакета $t_{ц}$ и величинами пути разгона S_1 , веса груза G и другими.

Учитывая, что при $t = t_{ц} = v = v_K$, из формулы (9) можно получить скорость движения щита v_K и связанных с ним тел в конце процесса торцевывравнивания

$$v_K = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m} (t_{ц} - t_1) + v_2. \quad (13)$$

Зависимость (13) может быть использована при определении динамических нагрузок на неподвижную опорную стенку.

Если в рассматриваемом варианте принять $G = T_c$, то из формулы (9) получим $v = v_2$, т.е. во втором периоде движения скорость щита будет постоянной и равной скорости v_2 .

Тогда продолжительность цикла будет

$$t_{\text{ц}} = t_1 + \frac{S_T}{v_2}$$

или с учетом (6) и (7а)

$$t_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5) S_1}{G}} + S_T \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2}{\sqrt{2(m_1 + m_5) G S_1}}; \quad (14)$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{2(m_1 + m_5) S_1 + S_T (m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2)}{\sqrt{2(m_1 + m_5) G S_1}}.$$

Последняя формула, как и зависимость (12), позволяет найти оптимальную величину S_1 при прочих заданных величинах.

В уравнении (14) возьмем производную от $t_{\text{ц}}$ по S_1 и приравняем ее нулю:

$$\begin{aligned} \frac{dt_{\text{ц}}}{dS_1} &= \frac{2(m_1 + m_5) \sqrt{2(m_1 + m_5) G S_1}}{2(m_1 + m_5) G S_1} - \dots \rightarrow \\ \rightarrow \dots &= \frac{-(m_1 + m_5) G}{\sqrt{2(m_1 + m_5) G S_1}} (2(m_1 + m_5) S_1 + S_T (m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2)) = 0; \\ 2(m_1 + m_5) \cdot 2(m_1 + m_5) G S_1 - (m_1 + m_5) G \cdot (2(m_1 + m_5) S_1 + S_T (m_1 + \\ + m_5 + \frac{1}{2} m_2)) &= 0; \\ 2(m_1 + m_5) S_1 - S_T (m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2) &= 0; \\ S_1 &= \frac{1}{2} \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2}{m_1 + m_5} S_T. \end{aligned} \quad (15)$$

Подставляя значение S_1 из (15) в (14), получим

$$t_{\text{ц}} = \frac{2\sqrt{(m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2) S_T}}{\sqrt{G}} \quad (16)$$

При заданных значениях масс, силы тяжести груза и S_T формула (16) позволяет определить наименьшие затраты времени на выполнение рабочего цикла торцевывравнивания при соблюдении условия (15).

Вариант 1.2. В начальный период, на пути свободного разбега S_1 , движение щита будет происходить, как в предыдущем варианте, по зависимостям (1), (4)–(7), (7a), а в начале второго периода, т.е. сразу после соприкосновения щита с пакетом, движение будет происходить по зависимостям (8), (9) до момента t_2 , в который скорость щита будет равной скорости движения приводной тяговой цепи v_T . Следовательно, на основании зависимости (9) можно записать

$$v_T = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2} (t_2 - t_1) + v_2,$$

откуда

$$t_2 = t_1 + (v_T - v_2) \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2}{G - T_c} \quad (17)$$

или, подставляя значение t_1 из (6) в (17), получим

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5) S_1}{G}} + (v_T - v_2) \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2}{G - T_c}. \quad (18)$$

Путь S_2 , проходимый щитом во втором периоде до момента времени t_2 , найдем из зависимости (9), представив ее в виде

$$\int_{S_1}^{S_1 + S_2} dx = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2} \int_{t_1}^{t_2} (t - t_1) dt + v_2 \int_{t_1}^{t_2} dt,$$

откуда

$$S_2 = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2} \cdot \frac{(t_2 - t_1)^2}{2} + v_2 (t_2 - t_1). \quad (19)$$

С учетом (17) и (7a) зависимость (19) примет вид

$$S_2 = \frac{(m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m) v_T^2}{2(G - T_c)} - \frac{(m_1 + m_5) G S_1}{(G - T_c)(m_1 + m_5)}. \quad (20)$$

Далее, на пути $S_T - S_2$ щит будет двигаться равномерно со скоростью v_T . Время его движения t_3 получим из выражения

$$t_3 = \frac{S_T - S_2}{v_T}. \quad (21)$$

Продолжительность всего рабочего цикла $t_{ц}$ будет

$$t_{ц} = t_2 + t_3$$

или с учетом (18) и (21)

$$t_{ц} = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5)S_1}{G}} + (v_T - v_2) \cdot \frac{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2}{G - T_c} + \frac{S_T - S_2}{v_T} \quad (22)$$

Для определения величин $t_{ц}$ в формулу (22) подставляем значения v_2 из (7а) и S_2 из (20).

Вариант 2.1. Так как в этом случае процесс торцевывравнивания происходит обычно без подключения тягового усилия T цепи привода и уравнение движения имеет вид (2), то после интегрирования его получим

$$v = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \cdot t; \quad (23)$$

$$S = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \cdot \frac{t^2}{2} \quad (24)$$

Учитывая, что при $t = t_{ц} \rightarrow v = v_K$ (конечная скорость щита) $\rightarrow S = S_T$, из зависимостей (23) и (24) получим

$$v_K = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} t_K; \quad (25)$$

$$S_T = \frac{G - T_c}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2} \cdot \frac{t_K^2}{2} \quad (26)$$

Из (26) следует

$$t_K = \sqrt{\frac{2(m_1 + m_5 + \frac{1}{2}m_2)S_T}{G - T_c}} \quad (27)$$

Подставляя выражение t_K из (27) в (25), получим

$$v_K = \sqrt{\frac{2(G - T_c) S_T}{m_1 + m_5 + \frac{1}{2} m_2}} \quad (28)$$

Следует иметь в виду, что при $G=T_c$ необходимо подключить к щиту цепь привода с тяговым усилием T и движение щита при этом будет равномерным со скоростью v_T а продолжительность рабочего цикла будет

$$t_{Ц} = \frac{S_T}{v_T} \quad (29)$$

Вариант 2.2. В этом случае с самого начала цикла щит должен быть соединен с тяговой цепью привода и движение щита будет равномерным, а скорость равна скорости движения тяговой цепи v_T . Продолжительность рабочего цикла будет определяться по зависимости (29).

Полученные выше аналитические зависимости отражают характер движения исполнительного органа — подвижного торцующего щита гравитационно-силового устройства для выравнивания торцов пакетов лесоматериалов и, являясь теоретической основой, будут полезны при разработке указанного типа устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 615019 (СССР). Устройство для торцевания пакета бревен/С.С. Лебедь, Н.И. Жарков, В.Л. Николичев и др. — Опубл. в Б.Н., 1978, № 26. 2. Лебедь С.С., Жарков Н.И. Торцевывающее устройство. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса. — Мн.: Вышэйшая школа, 1979, вып. 9.

УДК 674.023

Б.И. ХОРЕВСКИЙ, доцент,
Р.В. ФИЛИПП, канд. техн. наук
(БТИ им. С.М. Кирова)

ОЧИСТКА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЩЕТОК*

Механические вращающиеся щетки используются для очистки поверхностей любых форм от ржавчины, красок, лаков, грязи и т.д. Щетки покрыты эластичным ворсом. Поэтому ими можно обрабатывать поверхности любого профиля, сохраняя при этом форму, что очень важно при очистке круглых лесоматериалов.

* Работа выполнена под руководством докт. техн. наук С.Х. Будыки.