

## Л и т е р а т у р а

1. Сороко-Новицкий В.И. Испытания автотракторных двигателей. М., 1955.

УДК 634.02.23:531.15.18

А.М. Комиссаров, канд.техн.наук,  
Е.С. Ковальчук, В.И. Немцова,  
Г.В. Кнышевский, Г.И. Кейзер, канд.техн.наук

### ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ РЫЧАЖНО-МАЯТНИКОВОГО ПОСАДОЧНОГО АППАРАТА ЛЕСНОЙ САЖАЛКИ

В зависимости от назначения, процесс посадки леса осуществляется различными типами лесных сажалок. Большинство современных лесопосадочных машин оборудованы посадочными аппаратами ротационно-лучевого типа. Существенным недостатком этих аппаратов является невозможность применения их на посадке крупномерного посадочного материала, с высотой надземной части растения свыше 0,5 м.

Для посадки крупного материала необходим другой тип посадочного аппарата. В Белорусском научно-исследовательском институте лесного хозяйства была разработана и испытана лесная сажалка МЛ-1 с рычажно-маятниковым типом посадочного аппарата, принцип действия которого отличается от ротационного типа. Устройство аппарата показано на рис. 1. Аппарат состоит из ведущего звена  $O_1A$ , шатуна  $AB$ , коромысла  $BO_2C$  с захватом 1. Привод аппарата осуществляется от зажимных катков 2 через цепь 3 и сменные звездочки  $Z_1, Z_3$  и  $Z_2, Z_4$ . В зависимости от сочетания приводных звездочек посадочный аппарат обеспечивает посадку крупномерных саженцев с шагом в один и два метра.

Государственные испытания сажалки МЛ-1, оборудованной рычажно-маятниковым посадочным аппаратом показали вполне удовлетворительную работу его на посадке крупномера высотой до 1,4 м.

Исследования, выполненные в 1972-1976 гг. на кафедре лесных культур БТИ им. С.М.Кирова в Негорельском учебно-опытном лесхозе на посадке крупномерных саженцев ели под пологом сосняков, также подтвердили работоспособность такого посадочного аппарата. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели, характеризующие работу лесной сажалки МЛ-1 с рычажно-маятниковым аппаратом на посадке культур ели 4 – 5 лет под пологом сосняков

Длина гона, в м	Производительность		Расположение надземной части, %		Расположение корневой системы, %		Пропуски, %
	пог. км/ч	саженцев в мин., шт.	вертикально и с наклоном до 0,26 рад. (15°)	с наклоном свыше 0,26 рад. (15°)	вертикально	с загибом корневой по дну посадочной шели	
120	1,98	32	87,4	12,6	96,3	3,7	3,8
115	2,10	33	88,1	11,9	97,5	2,5	2,2
108	1,96	31	86,3	13,7	96,9	3,1	2,5
124	2,0	31	87,0	13,0	96,1	3,9	4,2
123	2,10	33	88,6	11,4	96,7	3,3	3,6
120	2,20	34	88,2	11,8	96,7	3,3	3,0
121	2,0	30	85,9	14,1	95,5	4,5	2,7
122	2,20	32	87,1	12,9	96,0	4,0	2,9
110	2,30	34	87,5	12,5	96,4	3,6	4,4
119	1,97	29	86,0	14,0	97,0	3,0	3,7
Среднее							
120	2,08	32	87,2	12,8	96,5	3,5	3,3

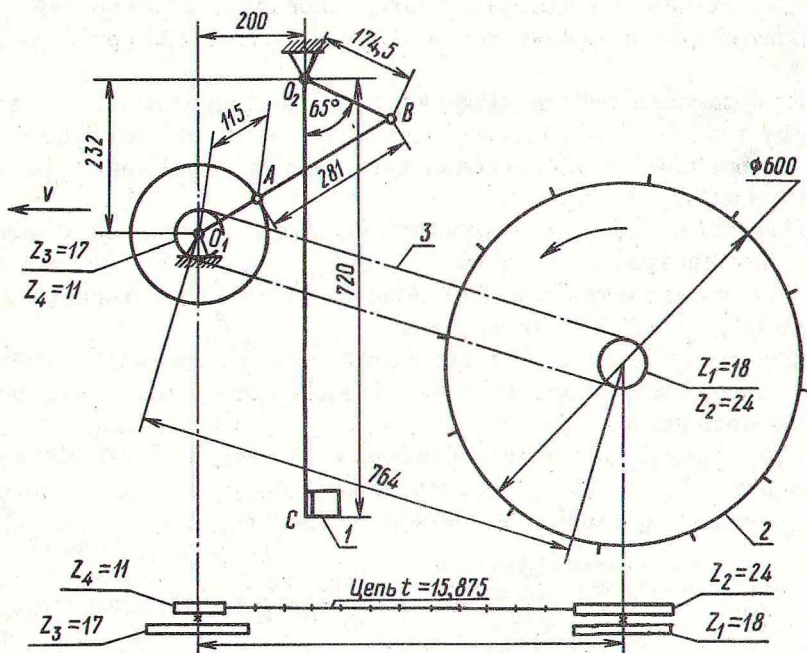


Рис. 1. Схема посадочного аппарата лесной сажалки МЛ-1.

Как следует из табл. 1, при скорости движения посадочного агрегата в среднем 2,08 км/ч вертикальное расположение надземной части саженцев при посадке с допустимым наклоном к вертикали до 0,26 рад. составляет 87,2%. Количество посаженных саженцев с наклоном свыше 0,26 рад. достигает примерно 13%, количество пропусков – 3,3%. Следует заметить, что наклон саженцев наблюдался по ходу движения сажалки. Пропуски в посадке допускались в основном по вине сажальщиков. При выработке у рабочих навыка правильной подачи саженцев в посадочный аппарат количество пропусков сокращается.

Для выявления причин, вызывающих наклонную посадку саженцев было проведено исследование кинематики рычажно-маятникового посадочного аппарата. Характерным является движение захвата и возникающие при этом скорости и ускорения в момент посадки при нижнем положении захвата с саженцем и в момент приема саженца захватом.

В кинематическое исследование входит: определение положений звеньев механизма за полный цикл работы пропорционально времени, а также скоростей и ускорений отдельных точек звеньев.

Исследование проводилось методом построения планов положений механизма (рис. 2, а), планов скоростей и ускорений в относительном движении точки С коромысла  $BO_2C$  (рис. 2, б и 2, в).

Полный цикл работы механизма осуществляется за один оборот кривошипа  $O_1A$  (рис. 1). Кинематическое исследование выполнено для шести наиболее характерных положений механизма (рис. 2, а), табл. 2.

Положения  $C_1 - C_3$  соответствуют моменту подачи саженца в захват аппарата, положения  $C_4 - C_6$  – моменту освобождения его из захвата (рис. 2, а). Масштаб планов положений механизма  $\mu_1 = 0,005$  м/мм.

Для построения планов скоростей захвата точки С необходимо определить скорость точки А кривошипа как ведущего звена механизма.

При заданной скорости трактора  $v = 2$  км/ч  $\approx 0,556$  м/с; звездочки  $Z_1$  и  $Z_2$ , жестко закрепленные на оси прикатывающего катка, имеют одинаковое число оборотов

$$n_1 = n_2 = \frac{60 \cdot v_e}{\pi D} = \frac{60 \times 0,556}{3,14 \times 0,6} = 17,7 \text{ об/мин,}$$

где  $v_e$  – скорость трактора с сажалкой, м/с;  $D$  – диаметр прикатывающих катков, м.

Таблица 2. Значения скоростей и ускорений захвата посадочного аппарата при различных положениях механизма

Положение механизма посадочного аппарата	Передаточное отношение $i_1 = \frac{z_2}{z_4} = \frac{24}{11}$			Передаточное отношение $i_2 = \frac{z_1}{z_3} = \frac{18}{17}$		
	относительная скорость точки $C_i$ м/с	абсолютная скорость точки $C_i$ м/с	ускорение точки $C_i$ м/с <sup>2</sup>	относительная скорость точки $C_i$ м/с	абсолютная скорость точки $C_i$ м/с	ускорение точки $C_i$ м/с <sup>2</sup>
1	1,06	-	0,43	0,51	-	0,10
2	0,59	-	0,39	0,29	-	0,09
3	0,00	-	0,61	0,00	-	0,14
4	1,89	1,38	0,49	0,92	0,50	0,11
5	1,34	0,70	0,68	0,65	0,125	0,16
6	0,00	0,456	1,44	0,00	0,226	0,34

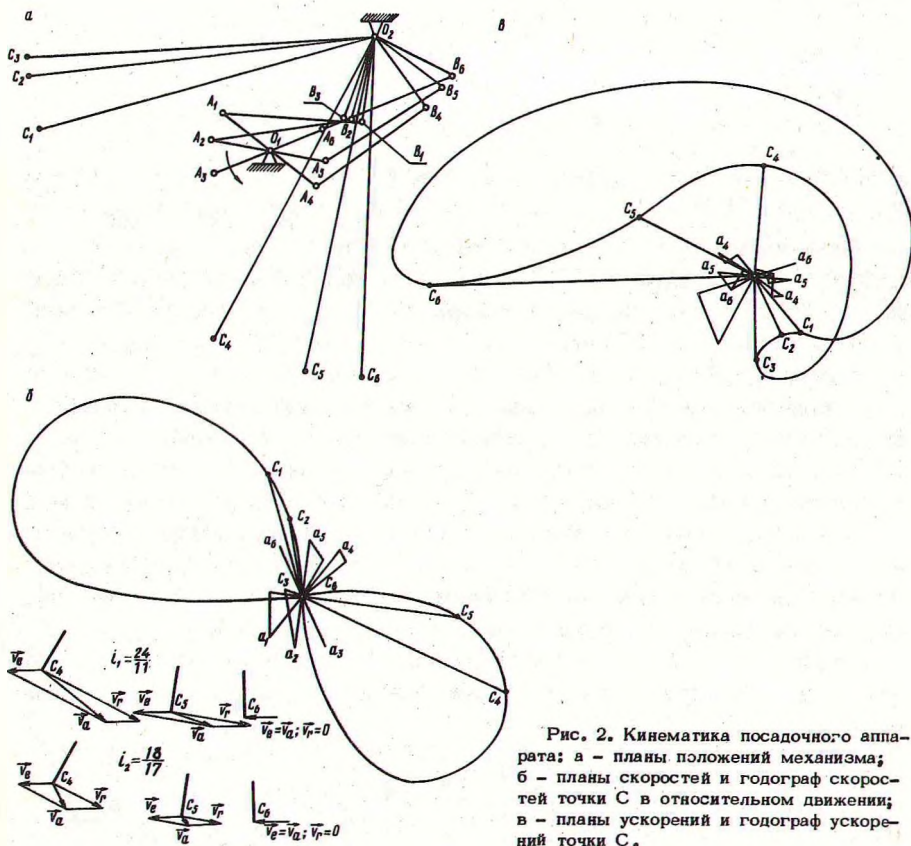


Рис. 2. Кинематика посадочного аппарата: а - планы положений механизма; б - планы скоростей и годограф скорости точки С в относительном движении; в - планы ускорений и годограф ускорений точки С.

На оси  $O_1$  кривошипа  $O_1A$  (рис. 1) закреплены звездочки  $Z_3, Z_4$ .

С учетом передаточного отношения, кривошип  $O_1A$  может вращаться при  $i_1 = \frac{Z_2}{Z_4}$  с числом оборотов  $n_3 = i_1 \cdot n_1 = \frac{24}{11} \cdot 17,7 = 33,8$  об/мин и при  $i_2 = \frac{Z_1}{Z_3}$  с числом оборотов  $n_4 = i_2 \cdot n_2 = \frac{18}{17} \cdot 17,7 = 18,75$  об/мин.

Рассмотрим скорости некоторых точек звеньев механизма в движении относительно трактора.

Скорость точки А (рис. 1) кривошипа равна  $v_A = \frac{\pi \cdot n}{30} l_{O_1A}$ ,

где  $n$  — число оборотов кривошипа, мин;  $l_{O_1A}$  — длина кривошипа  $O_1A$ , м.

При  $n = n_3 = 38,5$  об/мин  $v_A = \frac{3,14 \cdot 38,5}{30} \cdot 0,115 = 0,465$  м/с.

При  $n = n_4 = 18,75$  об/мин  $v_A = \frac{3,14 \cdot 18,75}{30} \cdot 0,115 = 0,226$  м/с. Далее определим относительную скорость точки В коромысла  $O_2B$  из векторного уравнения  $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{AB}$ .

Скорость точки С коромысла  $O_2C$  определяется методом подобия, так как  $O_2B$  и  $O_2C$  составляют одно звено коромысла  $BO_2C$  (рис. 1). Изобразив векторы скоростей в определенном масштабе ( $\mu_v = 0,05$  м/с · мм) при передаточном отношении  $i_1$ , строим планы скоростей (рис. 2, б) указанных точек.

Планы скоростей для всех положений механизма посадочно-го аппарата строятся из одного полюса, что позволяет определять не только величину и направление скорости каждой точки исследуемого звена, но и построить годограф скоростей, описав плавной замкнутой кривой векторы скоростей. Поскольку в кинематическом анализе механизма интерес представляет закон движения захвата с саженцем (точка С), то именно для него и построен годограф в относительном движении (рис. 2, б).

Подобным образом построены планы ускорений и годограф ускорений точки С (рис. 2, в). Ускорение точки А кривошипа

$O_1A$  равно  $a_A = \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \cdot O_1A = \left(\frac{3,14 \cdot 38,5}{30}\right)^2 \cdot 0,115 = 1,87$  м/с<sup>2</sup>.

Ускорение точки В коромысла  $O_2B$  определяется из векторного уравнения  $\vec{a}_B^n + \vec{a}_B^t = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$ , где  $\vec{a}_B^n$  —

нормальное ускорение точки В;  $\vec{a}_B^{\tau}$  - тангенциальное ускорение точки В;  $\vec{a}_{BA}^n$ ,  $\vec{a}_{BA}^{\tau}$  - нормальное и тангенциальное ускорение точки В относительно А.

Ускорение точки С определяется также методом подобия, как и скорость этой же точки. Планы ускорения построены в масштабе  $\mu_a = 0,1 \text{ м/с}^2 \text{ мм}$  при передаточном отношении  $i_1$ .

Для определения скоростей и ускорений точки С при других передаточных отношениях приводных звездочек механизма можно использовать те же планы и годографы скоростей и ускорений, но при других масштабных коэффициентах  $\mu_v$  и  $\mu_a$ .

Абсолютная скорость захвата с саженцем (точка С) относительно поверхности земли определяется как геометрическая сумма относительной скорости захвата и поступательной скорости трактора. Скорость точки С в положениях  $C_4$ ,  $C_5$  и  $C_6$  механизма, соответствующих посадке, по абсолютной величине приближается к скорости трактора. Из плана скоростей, построенных для указанных положений механизма (рис. 2, б) при различных передаточных отношениях приводных звездочек, видно, что абсолютная скорость точки С в положении  $C_5 - C_6$  будет близка к нулю. Кинематический анализ посадочного аппарата показывает, что выброс (посадка) саженца происходит в том положении захвата, когда его скорость  $v_r$  относительно трактора равна нулю. Точки контакта саженца со щеками захвата в этот момент времени будут иметь скорость, равную скорости трактора. Некоторые точки вершинной части саженца имеют скорость неравную скорости трактора, в то же время корневая система саженца, вследствие контакта с почвой, имеет скорость, близкую к нулю. Таким образом, на саженец при посадке действует некоторый момент, наклоняющий саженец в направлении движения трактора, что подтверждается экспериментами. По величине этот момент не зависит от окружной скорости кривошипа и остается постоянным.

Положение механизма, в момент посадки, должно соответствовать условию, при котором абсолютная скорость захвата относительно земли равна нулю. Кинематическим исследованием установлено, что это условие соблюдается между положениями  $C_5$  и  $C_6$  механизма и тем ближе к положению  $C_6$  (рис. 2, б), чем больше передаточное отношение между приводными звездочками.

В крайних положениях  $C_6$  и  $C_3$  механизма захват посадочного аппарата имеет максимальное ускорение. В шестом поло-

жении, когда саженец освобождается из захвата и попадает в посадочную шель, на него это ускорение не оказывает влияния. В третьем положении механизма в момент, когда саженец попадает в захват посадочного аппарата, на него действует сила инерции

$$\vec{F} = -m\vec{a},$$

где  $\vec{F}$  — сила инерции;  $m$  — масса саженца;  $\vec{a}$  — ускорение.

Таким образом, в третьем положении механизма имеет место мгновенный удар. Явление удара можно исключить регулировкой приемного столика по высоте или непосредственной подачей саженца в захват, минуя приемный столик.

Резюме. Рычажно-маятниковый посадочный аппарат удовлетворяет агротехнике посадки крупномерных саженцев.

УДК 620.179.16

Н.А. Долбин

### ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИЙ НА АКУСТИЧЕСКУЮ ЭМИССИЮ МАТЕРИАЛА ТРУБОК

Трубопроводы в гидросистемах лесных машин испытывают статические и динамические нагрузки, связанные с неоднократным изменением внутреннего гидростатического давления в системе и колебаниями рабочих органов при перемещении пачки хлыстов. Эти нагрузки вызывают пластические деформации и в конечном счете приводят к разрушению элементов конструкции. Поэтому вопросы прогнозирования и неразрушающего контроля деталей машин имеют важное практическое значение. Одним из таких методов контроля является метод, основанный на фиксировании волн напряжений (акустическая эмиссия), обусловленных возникновением и развитием дефектов структуры материала.

Однако применение акустической эмиссии (АЭ) для прогнозирования разрушений от низкочастотных вибрационных нагрузок затруднено вследствие эффекта Кайзера (невоспроизводимости АЭ при повторных нагружениях). При высокочастотных же нагрузках (ультразвуковых) невозможно выделить сигналы АЭ из-за сильного фона. Поэтому АЭ часто косвенно используют для оценки влияния вибрационных нагрузок на процесс накопления дефектов кристаллической решетки. Например, в работе [1] после каждых 5000 циклов нагружения усталостные