

складах. — Лесн.пром-сть, 1980, № 6, с. 20—21 .3.Биланин И.Н. Рациональная технология нижнего склада. — Лесн. пром-сть, 1980, № 9, с. 26—27. 4. С к и б а И.А., Г у с л и - ц е р И.И. Сибирский вариант. — Лесн. пром-сть, 1979, № 10, с. 5—6. 5. Т е с л ю к А.К., Т е с л ю к С.К. Механизация трудоемких нижнескладских работ. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1982. — 48 с. 6. Методика определения экономической эффективности использования в лесозаготовительной промышленности и на лесосплаве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. — 340 с.

УДК 630*621.865

С.М.КАШУБА, И.В.ТУРЛАЙ, канд. техн. наук (БТИ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Внедрение манипуляторов для операций с лесоматериалами на лесных складах является важнейшим условием интенсификации лесоскладских процессов.

Опыт создания манипуляторов в нашей стране и за рубежом позволил сформулировать в качестве основного требования к их конструкциям оптимальность размерных параметров манипулятора. В данном случае не рассматривается назначение такого параметра как грузоподъемность, который определяется в соответствии с характером работы манипулятора с конкретными лесоматериалами.

Манипулятор шарнирно-рычажного типа со стрелой длиной l_1 и рукоятью длиной l_2 , определяемый как $L = \{l_1, l_2\}$, поворачивается относительно колонны в точке А, высота колонны $h \geq 0$ (рис. 1). Состояние манипулятора L определится вектором $\vec{\varphi} = \{\varphi_1, \varphi_2\}$. В реальных условиях $0 \leq \varphi_1 \leq \pi$; $0 \leq \varphi_1 \leq 90^\circ$; $0 \leq \varphi_2 < 180$. Применение традиционной гидроаппаратуры для перемещения стрелы и рукоятки обеспечивает изменение углов φ_1 и φ_2 с постоянными угловыми скоростями ω_1, ω_2 .

Технологический процесс перемещения лесоматериалов манипулятором заключается в перемещении рабочего захвата С рукоятки ВС из точек оси \vec{OR} в точку Д, определяющую место укладки лесоматериалов. Естественно, справедливо и обратное, когда лесоматериалы из точки захвата Д перемещаются в место укладки, находящееся в одной из точек оси \vec{OR} .

Начало рабочего цикла манипулятора, когда $C \in OR$, определится координатой $R(L)$ точки захвата.

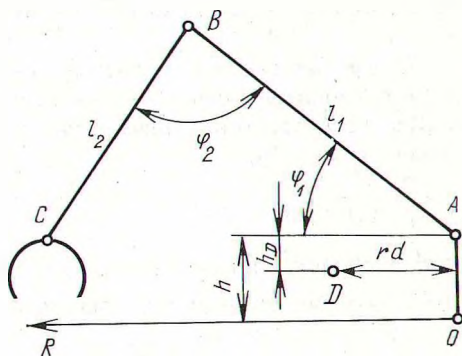


Рис. 1. Расчетная схема манипулятора.

Тогда для манипулятора

$$R_{\min}(L) = \min_{\vec{\varphi}' \leq \vec{\varphi} \leq \vec{\varphi}''} R ; \quad R_{\max}(L) = \max_{\vec{\varphi}' \leq \vec{\varphi} \leq \vec{\varphi}''} R .$$

Неравенство для векторов здесь и далее имеет смысл неравенств соответствующих координат.

На манипулятор наложены ограничения

$$R_{\min}(L) \leq R_{\min}^0 ; \quad R_{\max}(L) \leq R_{\max}^0 ,$$

где R_{\min}^0, R_{\max}^0 — заранее заданные конструктивные числа.

Состояние укладки манипулятором, когда захват попадает в точку D , определяется вектором

$$\vec{\varphi}_D = \{\varphi_{1D}, \varphi_{2D}\} .$$

Продолжительность цикла обслуживания манипулятором площади R_{\max}^0 — R_{\min}^0 определяется для полноповоротного манипулятора

$$t(L) = 2\pi\rho \int_{R_{\min}^0}^{R_{\max}^0} \left[\frac{|\varphi_1(R) - \varphi_{1D}|}{\omega_1} + \frac{|\varphi_2(R) - \varphi_{2D}|}{\omega_2} \right] R dR ,$$

где ρ — плотность исходных положений захвата C в горизонтальной плоскости.

Полученная формула является необходимым условием работы манипулятора и предполагает обязательное совмещение движений стрелы AB и рукояти BC с поворотом относительно колонны. Причем продолжительность поворота меньше, чем $t(L)$, т.е.

$$t(L) > t_n .$$

где t_n — продолжительность цикла поворота.

Тогда оптимальные параметры стрелы и рукояти определяются из

$$t(L) \rightarrow \min ; \quad \begin{cases} \vec{\varphi}' \leq \vec{\varphi} \leq \vec{\varphi}'' ; \\ R_{\min}(L) \leq R_{\min}^0 ; \\ R_{\max}(L) \leq R_{\max}^0 . \end{cases}$$

Полученная модель представляет задачу нелинейного программирования.

$R_{\min}(L)$ и $R_{\max}(L)$ определяются исходя из текущего значения координаты R на оси OR :

$$R = l_1 \cos \varphi_1 - l_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) .$$

Из условия, что манипулятор имеет местом захвата лесоматериалов одну из точек оси OR , получим

$$l_1 \sin \varphi_1 - l_2 \sin (\varphi_1 + \varphi_2) + h = 0$$

или

$$l_2 \cos (\varphi_1 + \varphi_2) = \sqrt{l_2^2 - h^2 - l_1^2 \sin^2 \varphi_1 - 2h l_1 \sin \varphi_1}.$$

Подставляя полученное выражение в R, имеем

$$\frac{dR}{d\varphi_1} = -l_1 \sin \varphi_1 + \frac{l_1^2 \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 + h l_1 \cos \varphi_1}{\sqrt{l_2^2 - h^2 - l_1^2 \sin^2 \varphi_1 - 2h l_1 \sin \varphi_1}} = 0;$$

$$\varphi_1 = (-1)^{n+1} \arcsin \left(\frac{h}{l_1 \pm l_2} \right) + \pi n; \quad \varphi_2 = (-1)^n \arcsin \left(\frac{h + l_1 \sin \varphi_1}{l_2} \right) - \varphi_1 + \pi n \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

При оптимизации параметров манипулятора с ограниченным углом поворота в горизонтальной плоскости ($\theta < 2\pi$) целевая функция $t(L)$ примет вид $\pi + \theta/2$.

$$t(L) = \rho \int_{\frac{\pi-\theta}{2}}^{\frac{\pi+\theta/2}{2}} \frac{R}{R \cos \theta/2} \left[\frac{|\varphi_1(r) - \varphi_{1D}|}{\omega_1} + \frac{|\varphi_2(r) - \varphi_{2D}|}{\omega_2} \right] r dr d\varphi.$$

Используя методику расчета ограничений, предложенную Ю.Н. Перельму-тером (ЦНИИМЭ), при определении оптимальных соотношений длин стрелы и рукоятки манипулятора МСЛ-0,3 получена зависимость (рис. 2).

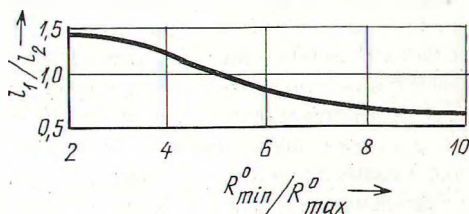


Рис. 2. Зависимость соотношений элементов манипулятора от соотношений вылета захватного органа.

Длины указанных элементов манипулятора, начиная с $R_{max}^0 / R_{min}^0 > 6,5$, целесообразно принимать практически равными, с превышением длины стрелы над длиной рукоятки на 4–5%. Параметр h при этом должен составлять 1,3–1,6 м.

В диапазоне $1,5 \leq R_{max}^0 / R_{min}^0 < 6,5$ соотношение длин стрелы и рукоятки целесообразно принимать 1,3–1,5.

Полученные результаты при создании манипуляторов позволяют обеспечить их работу с минимальными значениями циклов и высокой производительностью.