

## СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ С ОДНОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ

Анисимов И.С.

*Поволжский государственный технологический университет,  
Йошкар-Ола, Россия*

## STRUCTURAL STUDIES OF THE MANIPULATOR SYSTEM OF A SINGLE MOBILITY FORESTRY MACHINE

Anisimov I.S.

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia*

**Аннотация.** В работе представлено одно из технических инновационных решений манипуляторной системы лесной машины. Действенность манипуляторной системы манипулятора основывается на результатах физического моделирования его структуры.

**Abstract.** The paper presents one of the technical innovative solutions of the manipulator system of a forest machine. The effectiveness of the manipulator system is based on the results of physical modeling of its structure.

**Ключевые слова:** манипуляторная система, подвижность манипулятора, структурные исследования, кинематические пары, многос шарнирную ферму, блочно-модульное конструирование.

**Keywords:** manipulator system, manipulator mobility, structural studies, kinematic pairs, multi-hinged truss, block-modular design.

Лесная заготовительная машина проектируется на концепции компонентного конструирования.

Основное внимание уделяется двум основным компонентам:

1. мощностному (основа базовой машины);
2. технологическому (манипуляторной системе).

Технологический компонент лесной машины подразумевает манипуляторную структуру (базисную или проектируемую) и исполнительный механизм [1].

Конструирование манипуляторной системы включает несколько ступеней [2, 3]. Базисные из них [4]:

1. Поиск подобных инженерных решений;
2. Морфологическая и структурированная оценка этих решений с выявлением недостатков [5];
3. Решение путем предложения новой структуры манипуляторной системы
4. Теоретические изыскания (структурный, кинематико-динамический анализы на лабораторном образце) [3, 6];

5. Практические изыскания (заключительный этап путем создания экспериментального образца) [3].

**Цель работы** структурные исследования манипуляторной системы инновационного типа с плоско-ориентированным прямолинейным многорычажным актуатором (коромысло-тяги-кулиса) подвижных секций рукояти [7].

**Решение задачи.** Представлена манипуляторная система с плоско-ориентированным прямолинейным многорычажным актуатором подвижных секций телескопической рукояти.

Изготовлена масштабированная модель (М 1:10) с соблюдением критериев подобия, необходимых для равнозначных явлений по заданным производственным параметрам (рис. 1).

К этим производственным параметрам относятся: выдвижение исполнительного механизма, ширина обрабатываемой лесной полосы не менее 25м, тоннажность 8 кН, действующий грузовой момент на наибольшем вылете 144 кН·м.



а)



б)



в)

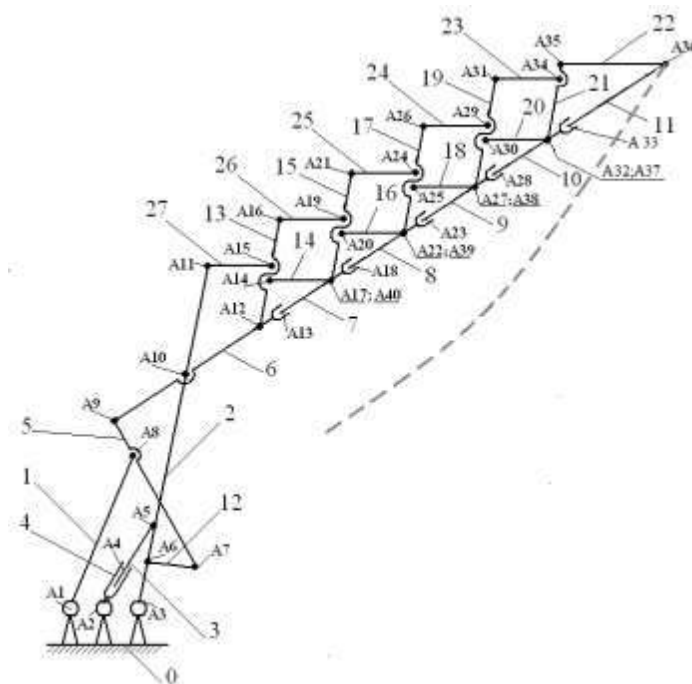


г)

а) на max вылете; б) на min вылете; в) на произвольном вылете;  
г) многорычажный актуатор: коромысло-тяги-кулиса

Рисунок 1 – Инновационная предложенная манипуляторная система

Паттерн масштабированной модели манипуляторной системы отображен на рис. 2.



1 – кулиса; 2 – стрела; 3 – шток актуатора стрелы; 4 – корпус актуатора стрелы; 5 – коромысло; 6 – опорная секция телескопической рукояти; 7, 8, 9, 10, 11 – подвижные секции телескопической рукояти; 12 – тяга; 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 – рычаги прямолинейно-ориентированного актуатора подвижных секций телескопической рукояти; 27 – толкатель, A1, . . . , A40 – кинематические пары

Рисунок 2 – Структура манипуляторной системы

Для доставки РО в заданную точку выполняют следующие манипуляции:

1. Поворот платформы лесной машины
2. Установка стрелы 2 за счет гидравлического актуатора (позиции 3, 4).

Механический актуатор в виде системы рычагов 1-5-12 вращают опорную 6 секцию рукояти относительно оси A8 (рис. 2). Многошарнирная ферма (система рычагов 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26) раскладывается за счет толкателя 27 (рис. 2).

При втягивании штока актуатора 3 рукоять складывается и стрела занимает свое исходное, первоначальное положение.

Структурные исследования с необходимыми допущениями представлены в табл. 1 [5, 6].

Подвижность манипуляторной системы рассчитывается по формуле [3, 4, 6]:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4, \quad (1)$$

где  $n$  – численность подвижных звеньев механизма;

$P_4$  – численность кинематических пар 4-го класса;

$P_5$  – численность кинематических пар 5-го класса.

$$W = 3 \cdot 27 - 2 \cdot 40 - 0 = 81 - 80 = 1. \quad (2)$$

Таблица 1 – Кинематические пары механизма

|                        |                         |                         |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $A_1(0;1)$ - ВППК;     | $A_{14}(13;14)$ - ПППК; | $A_{27}(9;18)$ - ВППК;  |
| $A_2(0;4)$ - ВППК;     | $A_{15}(13;27)$ - ВППК; | $A_{28}(9;10)$ - ВППК;  |
| $A_3(0;2)$ - ВППК;     | $A_{16}(13;26)$ - ВППК; | $A_{29}(19;24)$ - ВППК; |
| $A_4(3;4)$ - ПППК;     | $A_{17}(7;14)$ - ПППК;  | $A_{30}(19;20)$ - ВППК; |
| $A_5(2;3)$ - ВППК;     | $A_{18}(7;8)$ - ВППК;   | $A_{31}(19;23)$ - ВППК; |
| $A_6(2;12)$ - ВППК;    | $A_{19}(15;26)$ - ВППК; | $A_{32}(10;20)$ - ВППК; |
| $A_7(5;12)$ - ВППК;    | $A_{20}(15;16)$ - ПППК; | $A_{33}(10;11)$ - ВППК; |
| $A_8(1;5)$ - ВППК;     | $A_{21}(15;25)$ - ВППК; | $A_{34}(21;23)$ - ВППК; |
| $A_9(5;6)$ - ВППК;     | $A_{22}(8;16)$ - ВППК;  | $A_{35}(21;22)$ - ВППК; |
| $A_{10}(2;6)$ - ВППК;  | $A_{23}(8;9)$ - ПППК;   | $A_{36}(11;22)$ - ВППК; |
| $A_{11}(2;27)$ - ПППК; | $A_{24}(17;25)$ - ВППК; | $A_{37}(20;21)$ - ВППК; |
| $A_{12}(6;13)$ - ВППК; | $A_{25}(17;18)$ - ВППК; | $A_{38}(18;19)$ - ВППК; |
| $A_{13}(6;7)$ - ВППК;  | $A_{26}(17;24)$ - ВППК; | $A_{39}(16;17)$ - ВППК; |
|                        |                         | $A_{40}(14;15)$ - ВППК; |

**Примечание.** ВППК - вращательная пара пятого класса, ПППК - поступательная пара пятого класса

**Выводы.** Манипуляторная система с плоско-ориентированным прямолинейным многорычажным актуатором подвижных секций рукояти действенна, т.е. работоспособна.

Подвижность манипулятора равно единице. Числу движителей для выноса исполнительного механизма в требуемую точку также равно единице. Что требовалось доказать.

Единственная подвижность манипуляторной системы выражается только в траектории исполнительного механизма по плоской кривой. Это ее недостаток. Преимущество – простота управления.

А для увеличения пространственности рабочей зоны манипуляторной системы необходима как вращательная подвижность самой платформы, так и поступательная подвижность, но уже лесной машины.

### Список литературы

1. Валяжонков В.Д. Общая компоновка лесосечных машин последних поколений / В.Д. Валяжонков, Е.А. Васякин, В.Н. Иващенко // Вестник КрасГАУ. 2012. № 3 (66). С. 160-164..
2. Ворков А.А. Направление модернизации технологического оборудования лесозаготовительных машин / Ворков А.А.// Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 32. С. 9-13.
3. Анисимов С.Е. Многозвенные манипуляторы: научное издание / С.Е. Анисимов, П.М. Мазуркин; М-во образования Рос. Федерации, Мар. гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 73 с.
4. Вульфсон И.И. Механика машин: учеб. пособие для ВТУЗов / И.И. Вульфсон, М.Л. Ерихов, М.З. Коловский, Г.А. Смирнов; под ред. Г.А. Смирнова. – М: Высшая школа, 1996. – 510 с.

5. Мазуркин П.М. Способ и манипуляторная машина для заготовки сортиментов с растущих деревьев / П.М. Мазуркин, С.Е. Анисимов // Вестник Центрально-Черноземного региона отделения науки о лесе. Академии естественных наук. Воронежская государственная лесотехническая академии. Выпуск. 2. 1999. С.131-134.

6. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. Учебное пособие для ВТУЗов в 3 кн. Книга 1: Кинематика и динамика. М: Высшая школа. 1988. – 304 с.

7. Патент № 2242115 Российская Федерация. МПК В25J5/00, А01G 23/083, В66С 23/687. Манипулятор машины для обработки деревьев. / С.Е. Анисимов, П.М. Мазуркин, А.В. Михайлов. Заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет, заявл. 28.02.2003, опубл. 20.12.2004. Бюл. № 35.

### References

1. Valyazhonkov V.D. General configuration of the last generation logging machines / V.D. Valyazhonkov, E.A. Vasyakin, V.N. Ivashchenko // Bulletin of KrasGAU. 2012. № 3 (66). pp. 160-164.

2. Vorkov A.A. Direction of modernization of technological equipment of logging machines / Vorkov A.A. // Current problems of the forestry complex. 2012. № 32. pp. 9-13.

3. Anisimov S.E. Multi-link manipulators: scientific publication / S.E. Anisimov, P.M. Mazurkin; Ministry of Education of the Russian Federation, MarSTU. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003. – 73 p.

4. Vul'fson I.I. Mechanics of machines: Textbook for higher technical educational institutions / I.I. Vul'fson, M.L. Erikhov, M.Z. Kolovsky, G.A. Smirnov; edited by G.A. Smirnov. - M: Higher school, 1996. – 510 p.

5. Mazurkin P.M. Method and manipulator machine for harvesting assortments from growing trees / P.M. Mazurkin, S.E. Anisimov // Bulletin of the Central Black Earth Region, Department of Forest Science. Academy of Natural Sciences. Voronezh State Forest Engineering Academy. Issue. 2. 1999. pp.131-134.

6. Vorobyov E.I. Mechanics of industrial robots / E.I. Vorobyov, S.A. Popov, G.I. Sheveleva Textbook for Higher Technical Education Institutions in 3 Books. Book 1: Kinematics and Dynamics. Moscow: Higher School. 1988. – 304 p.

7. Patent No. 2242115 Russian Federation. IPC B25J5/00, A01G 23/083, B66C 23/687. Manipulator of a machine for processing trees. / S.E. Anisimov, P.M. Mazurkin, A.V. Mikhailov. Applicant and patent holder Mari State Technical University, decl. 02.28.2003, publ. 12.20.2004. Bull. № 35.