

3. Серебряков, И.А. Описание работы компьютерной программы создания технологической документации по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств / И.А. Серебряков, И.Ю. Русецкий, Н.Г. Серебрякова // Современные проблемы науки и образования: Материалы Международной научно-практической конференции 18 августа 2020 г. – Нефтекамск, Башкортостан: Научно-издательский центр «Мир науки», 2020. – С. 70–78.

4. Смирнов, А.Н. Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С. 64.

УДК 621.878.44

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РЫЧАЖНОЙ СИСТЕМЫ ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА**

**А.Н. Смирнов, канд. техн. наук, доцент,  
П.В. Авраменко, канд. техн. наук, доцент,  
Н.Г. Серебрякова, канд. пед. наук, доцент,  
В.И. Татаринов, студент,  
В.И. Лавникович, студент**

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация.* В статье рассмотрены гидромеханизмы поворота ковша одноковшовых фронтальных погрузчиков. Теоретически обоснованы конструктивные параметры универсальной рычажной системы.

*Abstract.* The article considers hydraulic mechanism of the bucket rotation of single-bucket front loaders. Design characteristic universal lever system is theoretically justified.

*Ключевые слова:* фронтальный погрузчик, погрузочное оборудование, ковш, стрела, рычажная система.

*Keywords:* frontal loader, loading equipment, bucket, boom, lever system.

### **Введение**

Одноковшовыми фронтальными погрузчиками являются самоходные подъемно-транспортные машины, у которых основным рабочим органом служит ковш, установленный на конце подъемной стрелы. При комплектации сменным рабочим оборудованием погрузчики способны выполнять широкий спектр различных работ.

Фронтальное рабочее оборудование, обеспечивающее разгрузку ковша со стороны разработки материала, отличается наибольшей конструктивной простотой, вследствие чего оно получило наибольшее распространение.

При этом применяют два основных вида оборудования: с перекрестным и параллелограммным рычажными механизмами (рис. 1) [1,2].

Наибольшее распространение имеет погрузочное оборудование с перекрестным рычажным механизмом, имеющее лучшие силовые показатели. Однако он не обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа в процессе подъема.

Параллелограммный рычажный механизм обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, но при одинаковом давлении и параметрах ковшового гидроцилиндра имеет примерно на 35% меньшее вырывное усилие.

Для возврата ковша в положение черпания при его разгрузке применяют разгрузку на упор (на определенный ход ковшового гидроцилиндра), осуществить которую по условиям кинематики и компоновки рычажного механизма не всегда представляется возможным.

Целью работы является разработка методики проектирования универсальной рычажной системы погрузочного оборудования фронтального погрузчика, сочетающей достоинства перекрестной и параллелограммной схем.

### Основная часть

Традиционная схема погрузочного оборудования с перекрестным рычажным механизмом (рис.1) имеет два четырехзвенника:  $1_3-2_В-3-4$  и  $2_Н-5-6-1_П$ , имеющих разные мгновенные передаточные отношения ( $1_П$  и  $1_3$  соответственно передняя и задняя части стрелы 1;  $2_В$  и  $2_Н$  – верхняя и нижняя часть рычага 2).

При подъеме стрела 1 вращается со скоростью  $W_C$  по часовой стрелке, которое принимаем за положительное. Применяем метод инверсии (в обратном движении – стрела 1 неподвижна, звену 4 задаем вращение с угловой скоростью  $W_4 = -W_C$  против часовой стрелки относительно шарнира  $O$  стрелы).

Мгновенные передаточные отношения:

первого четырехзвенника

$$i_1 = - h_3 / h_{Ц}, \text{ звено 4 и рычаг 2 вращаются в разные стороны;}$$

второго четырехзвенника

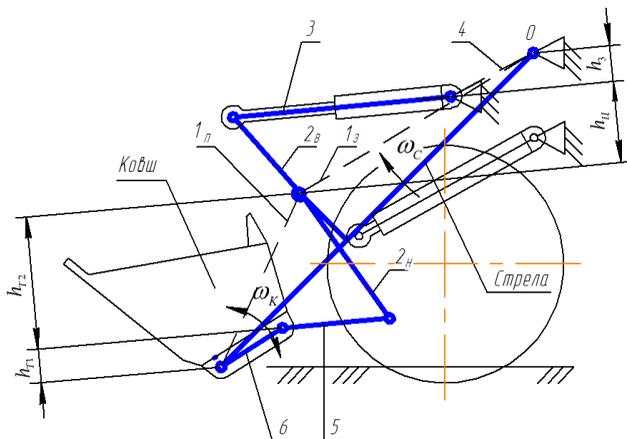


Рисунок 1 – Традиционные схемы погрузочного оборудования с перекрестным рычажным механизмом

$i_2 = - h_{T2}/h_{T1}$ , рычаг 2 и ковш 6 вращаются в разные стороны.

Общее мгновенное передаточное отношение от звена 4 к ковшу 6:

$$i_{4K1} = i_1 i_2 = \left(-\frac{h_3}{h_{Ц}}\right) \left(-\frac{h_{T2}}{h_{T1}}\right) = \frac{W_4}{W_{K1}}, \quad (1)$$

(направления вращения звеньев совпадают).

Так как  $W_4 = -W_C$ , то общее мгновенное передаточное отношение от стрелы к ковшу равно

$$i_{CK1} = i_1 i_2 = -\frac{W_C}{W_{K1}},$$

стрела и ковш вращаются в разные стороны, следовательно,  $i_{CK1}$  имеет знак «минус».

Условие поступательного движения ковша

$$i_{CK1} = -1 = \text{const},$$

т.е. данное соотношение должно соблюдаться при движении стрелы от верхнего положения до нижнего.

По этой причине осуществить механически строго поступательное перемещение любого рабочего органа (в том числе и ковша) у погрузчика

с перекрестным рычажным механизмом невозможно, и движение ковша в процессе подъема стрелы носит колебательный характер (знак «минус» указывает, что стрелы и ковш вращаются в разные стороны): при  $W_C > |W_K|$  – ковш запрокидывается; при  $W_C < |W_K|$  – ковш разгружается.

Для устранения указанных недостатков разработана универсальная система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика механического типа (рис. 2), одновременно сочетающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов, обеспечивающая строго поступательное движение рабочих органов (ковша, вил и др.), максимальное вырывное усилие ковшового гидrocилиндра, а также осуществление возможности автоматического возврата ковша в положение черпания [3].

При создании универсальной рычажной системы идея заключалась в том, чтобы в выражении (1) мгновенное передаточное отношение первого четырехзвенника  $i_1$  сделать обратным передаточному отношению второго четырехзвенника  $i_2$ :

$$i_1 = 1/i_2.$$

Тогда 
$$i_{4K1} = i_1 i_2 = \frac{1}{i_2} i_2 = \frac{W_4}{W_K} = 1 = \text{const.} \quad (2)$$

Так как  $W_4 = -W_C$ , то общее мгновенное передаточное отношение от стрелы к ковшу

$$i_{CK1} = i_1 i_2 = -\frac{W_C}{W_{K1}},$$

(стрела и ковш вращаются в разные стороны), следовательно,  $i_{CK1}$  имеет знак «минус».

Условие поступательного движения ковша  $i_{CK1} = -1 = \text{const}$  соблюдается.

Осуществить условие (2) возможно только в том случае, если четырехзвенники  $1_3-2_B-3-4$  и  $2_H-5-6-1_{II}$  равны или геометрически подобны (рис. 2а).

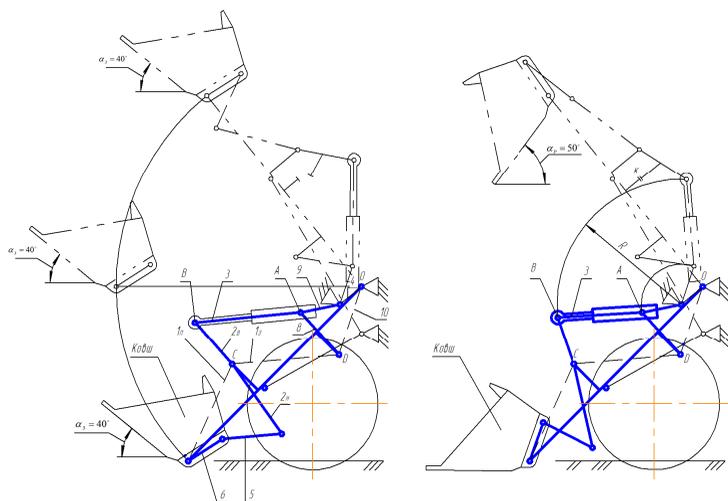


Рисунок 2 – Универсальная рычажная схема погрузочного оборудования:  
 а) подъем стрелы (плоскопараллельное движение ковша);  
 б) опускание стрелы с автоматическим возвратом ковша из положения разгрузки  
 в положение черпания

Это условие имеет вид:

$$\frac{2_H}{2_B} = \frac{l_5}{l_3} = \frac{l_6}{l_4}.$$

По рекомендациям [1, 2] принимаем отношение длины нижней части рычага к верхней  $2_H / 2_B = 1,2$ .

Тогда коэффициент геометрического подобия  $K$  равен:

$$K = \frac{l_5}{l_3} = \frac{l_6}{l_4} = 1,2.$$

Выполнить условие  $l_5 = 1,2l_3$  невозможно, так как длина тяги 5 по конструктивным соображениям всегда намного меньше длины гидроцилиндра 3 в его полностью вытянутом положении.

Строим четырехугольник 8-9-4-10, геометрически подобный четырехугольнику  $2_H$ -5-6-1<sub>П</sub> (рис. 2а).

Находим коэффициент геометрического подобия

$$K = \frac{2_H}{2_B} = \frac{l_5}{l_9} = \frac{l_6}{l_4} = \frac{1_{II}}{l_{10}} = 1,2.$$

Уменьшаем четырехугольник  $2_H-5-6-1_{II}$  в 1,2 раза, получаем искомый четырехугольник 8-9-4-10. Точку  $O$  полученного четырехугольника совмещаем с точкой  $O$  вращения стрелы 1 и поворачиваем его так, чтобы звено 8 было параллельно звену  $2_B$ . Через шарниры  $A$  и  $B$  проводим прямую, которая является осью гидроцилиндра ковша 3, который при необходимости устанавливаем на цапфах (если его максимальная длина больше звена  $AB$ ).

В итоге получаем четырехугольники  $2_H-5-6-1_{II}$  и 8-9-4-10, имеющие передаточные отношения соответственно  $i_1$ ,  $i_2 = 1/i_1$  и параллелограмм  $ABCD$  ( $i_3 = 1$ ; шарниры  $C$  и  $D$  крепятся к стреле 1).

Общее мгновенное передаточное отношение от звена 4 к ковшу (звено б)

$$i_{4K1} = i_1 i_2 i_3 = i_1 \frac{1}{i_1} \times 1 = \frac{W_4}{W_K} = 1 = \text{const.}$$

С учетом, что  $W_4 = -W_C$ , общее мгновенное передаточное отношение от стрелы к ковшу

$$i_{CK1} = i_1 i_2 i_3 = -\frac{W_C}{W_{K1}} \quad (\text{стрела и ковш вращаются в разные стороны}), \text{ значит } i_{CK1} = -1 = \text{const.}$$

Следовательно, ковш при подъеме стрелы перемещается строго поступательно.

Разгрузка ковша при верхнем положении стрелы осуществляется «на упор» (рис. 2б) при неполном ходе ковшового гидроцилиндра 3, при этом упор  $K$  подбирается с таким расчетом, чтобы длина  $AB$  гидроцилиндра в положении черпания и разгрузки была одинакова и ковш из положения разгрузки по дуге радиуса  $R$  приходил в положение черпания.

### Заключение

Данная методика проектирования позволяет создать единую универсальную рычажную систему погрузочного оборудования фронтального погрузчика, обеспечивающую строго поступательное движение рабочих органов (ковша, вил и др.), максимально использовать функциональные возможности ковшового гидроцилиндра (наибольшее вырывное усилие и

наполнение ковша, наименьшее время его разгрузки), автоматический возврат ковша в положение черпания. Тем самым уменьшается время цикла, повышается производительность выполняемых работ, улучшаются условия опорожнения ковша и повышается удобство работы оператора.

#### **Список использованной литературы**

1. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под общ. ред. И.П. Бородачева. – М.: Машиностроение, 1973. – 503 с.
2. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
3. Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика: пат. 16237 Респ. Беларусь, МПК 16237 С2 Е 02F 343 / А.Н. Смирнов; заявитель ОАО «Амкодор». – № а 20091596; заявл. 12.11.09; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 109.