

Татаринов В.И.,  
Лавникович А.В.,  
Смирнов А.Н., к.т.н.,  
Авраменко П.В., к.т.н.  
УО БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Широкое применение в различных отраслях находят фронтальные погрузчики, предназначенные для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а при установке сменного рабочего оборудования – для выполнения ряда других работ. Высокая мобильность, маневренность, транспортабельность позволяют использовать их в самых различных отраслях строительства, а также сельского хозяйства.

В современных конструкциях фронтального погрузочного оборудования исключительное применение имеет гидравлическое управление, обеспечивающее простоту привода, высокие силовые параметры и долговечность, включающее гидромеханизмы подъема стрелы и поворота ковша [1, 2]. Гидропривод подъема и опускания рабочего органа обычно осуществляется непосредственным действием гидроцилиндров  $O_1B$  на стрелу  $OA$  (рисунок 1).

При работе погрузчика важное значение имеет характер распределения давления  $p_{ц}$  в стреловых гидроцилиндрах при подъеме груза:

$$p_{ц} = F_{цп} / f_{п}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где  $F_{цп}$  – усилие в поршневых полостях стреловых гидроцилиндров при подъеме стрелы, Н;

$f_{п}$  – площадь поршневой полости гидроцилиндра,  $\text{м}^2$ .

Составляем уравнение моментов сил относительно оси  $O$  вращения стрелы  $OA$ :

$$F_{п} h_{п} = (F_{цп} - F_{с}) h_{ц} / z \eta_{мц} \eta_{ш}, \quad (2)$$

$F_{п}$  – сила тяжести погрузочного оборудования с грузом в ковше, Н;

$h_{п}$ ,  $h_{ц}$  – соответственно плечи центра масс погрузочного оборудования и стреловых гидроцилиндров относительно оси вращения стрелы  $O$ , м;

$F_{с}$  – сила противодействия на поршень со стороны сливной магистрали (потери давления в гидрораспределителе, фильтре, трубопроводах). При номинальной подаче насоса  $F_{с} \approx 0,2 F_{цп}$ , Н;

$z$  – число стреловых гидроцилиндров ( $z = 2$ );

$\eta_{мц} = 0,94$  – механический КПД гидроцилиндра, учитывающий потери на внутреннее трение;

$\eta_{ш} = 0,9$  – механический КПД, учитывающий потери на трение в шарнирах рычажного механизма.

При подъеме стрелы ввиду взаимного перемещения звеньев рычажной системы и ковша с грузом плечо  $h_{\Pi}$  центра масс погрузочного оборудования имеет переменную величину, поэтому давление  $p_{\Pi}$  в стреловых гидроцилиндрах нельзя определить с достаточной точностью.

Для решения этой задачи была разработана имитационная модель погрузочного оборудования в КОМПАС 3D (рисунок 1). Она позволяет проверить на практике все кинематические расчеты погрузочного оборудования, движение ковша при подъеме, разгрузке, опускании, возврат в положение черпания, массы звеньев рычажной системы и положение их центров масс, моменты инерции относительно центральных осей, плечи гидроцилиндров и погрузочного оборудования в целом. Это дает возможность значительно упростить сложные математические расчеты по кинематике погрузочного оборудования и определению давления в стреловых гидроцилиндрах.

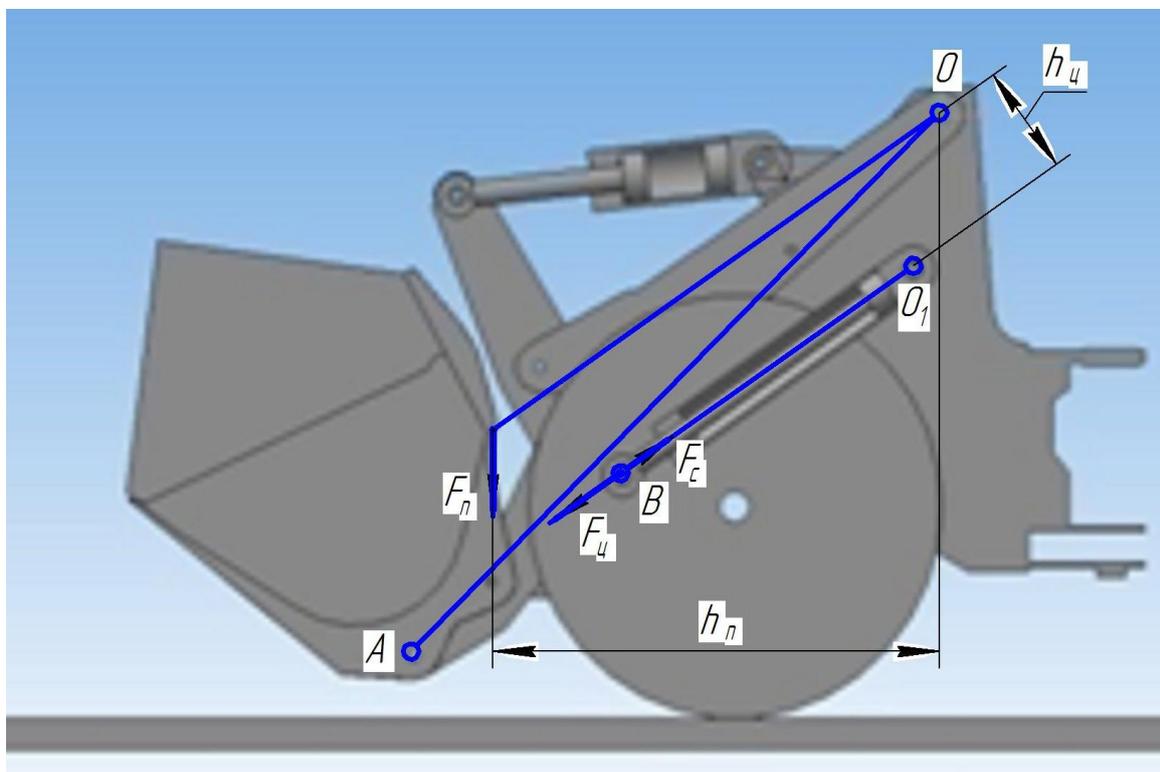


Рисунок 1 – Имитационная модель погрузочного оборудования погрузчика Амкодор 333В с перекрестной рычажной системой

Имитационная модель погрузочного оборудования создается на основе 3D моделирования. Должна быть известна форма и массы всех звеньев рычажной системы. За основу расчетов была взята модель погрузочного оборудования погрузчика Амкодор 333В грузоподъемностью 3,4 т.

Создаются плоские трехмерные модели звеньев. Толщина звеньев принимается, например, 10 мм. Командой «МЦХ модели» определяется ее масса. Зная действительную массу звена, находится толщина  $S_M$  ее модели:

$$S_M = 10 \frac{m_D}{m_M}, \text{ мм}$$

где  $m_D$  – действительная масса звена, кг;

$m_M$  – масса модели из 3D чертежа, кг.

Создается сборочный чертеж погрузочного оборудования. За неподвижное звено принимается портал, который фиксируется. Пользуясь командой «Сопряжения» последовательно на него навешиваются стрела, ковш, груз в ковше, рычаг, тяга, стреловой и ковшовой гидроцилиндры, колесо, грунт.

Задавая штоку стрелового гидроцилиндра перемещение, соответственно перемещаются все звенья рычажной системы. В любом положении погрузочного оборудования можно перейти из 3D в 2D и создать чертеж. В крайних положениях штока стрелового гидроцилиндра можно задать команду «Контроль соударений», при выполнении которой шток автоматически прекращает движение.

Пользуясь имитационной моделью находим плечи  $h_{\Pi}$ ,  $h_{Ц}$ , имеющие переменное значение.

Подставляя значения в выражение (2), после преобразования, получим

$$F_{\Pi} = 0,47 F_{ЦП} h_{Ц} / h_{\Pi}, \text{ Н.} \quad (3)$$

Отсюда

$$F_{ЦП} = 2,13 F_{\Pi} h_{\Pi} / h_{Ц}, \text{ Н.} \quad (4)$$

Площадь поршневой полости гидроцилиндра равна

$$f_{\Pi} = \pi D^2 / 4 = 0,785 D^2, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где  $D$  – диаметр поршня гидроцилиндра, м.

Подставляя выражения (4) и (5) в формулу (1), после преобразования, получим:

$$p_{\Pi} = F_{ЦП} / f_{\Pi} = 2,71 F_{\Pi} h_{\Pi} / D^2 h_{Ц}, \text{ МПа}$$

Расчеты, выполненные на основе имитационной модели погрузчика Амкодор 333В показали, что давление в поршневых полостях стреловых гидроцилиндров при подъеме стрелы с грузом в ковше составляет:

в нижнем положении стрелы  $p_H = 9,6$  МПа;

в среднем положении  $p_C = 12,3$  МПа;

в верхнем положении  $p_B = 19,0$  МПа.

Кроме этого, выполнив переход в 2D, могут быть численно определены любые кинематические параметры погрузочного оборудования при подъеме и опускании стрел, а также возврат ковша из верхнего положения разгрузки в положение черпания.

На основании выполненной работы можно сделать вывод, что разработанная имитационная модель погрузчика повышает точность, сокращает сроки и повышает качество проектирования, а также может сыграть положительную роль при испытаниях машины.

### *Библиографический список*

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики/ А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – М. : Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Справочник конструктора дорожных машин/ И.П. Бородачев и др. – М. : Машиностроение, 1973. – 503 с.
3. Автодорожная сеть в Российской Федерации и ее перспективы/ С.Н. Борычев, Д.В. Колошеин, Е.Э. Ждарыкина, В.О. Попова // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых : Материалы конференции с международным участием. – Рязань, 2018. – С. 243-246.

**УДК 631.331.8**

*Усмонов Р.Д.,  
Ботиров А. Г., к.т.н.,  
Маматрахимов О.А.  
НаМИСИ, г. Наманган, РУ*

## **ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ХЛОПКОВОЙ СЕЯЛКИ**

По размещению семян на посевной площади различные культуры сеют разными способами.

Рядовой посев наиболее распространен при высеве зерновых, технических, овощных и других культур.

Узкорядный посев – это модификация рядового посева с уменьшенной вдвое шириной междурядий.

Широкорядный посев – это модификация рядового посева с междурядьями увеличенной ширины: 30, 45, 75 см и более. Этим способом высевают семена пропашных культур, которые требуют значительной площади питания и междурядной обработки.

Ленточный посев – модификация широкорядного посева. Он применяется при высеве семян овощей и других культур. Семена высевают в несколько строчек, расстояние между которыми обычно 20 см, а между лентами – 45 см. В широких междурядьях можно проводить междурядную обработку.

Пунктирный посев характерен тем, что семена располагаются одно относительно другого в рядах с заданным одинаковым расстоянием (шаг посева). Ширина междурядья составляет более 35 см. Этот способ дает большую экономию семян и снижает трудовые затраты при прорывке растений.