

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЗМА ПОВОРОТА КОВША ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

А.Н. Смирнов,

доцент каф. инженерной графики БГАТУ, канд. техн. наук

П.В. Авраменко,

зав. каф. инженерной графики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.Г. Серебрякова,

зав. каф. моделирования и проектирования БГАТУ, канд. пед. наук, доцент

В.И. Татарinov, А.В. Лавникович,

студенты факультета технического сервиса в АПК БГАТУ

В статье рассмотрены существующие гидромеханизмы поворота ковша одноковшовых фронтальных погрузчиков. Приведена методика проектирования перекрестного рычажного механизма.

Ключевые слова: фронтальный погрузчик, погрузочное оборудование, ковш, выглубляющее усилие.

Existing hydromechanisms of single-bucket frontal loaders turn are considered in the article. The methodology of cross lever mechanism design is provided.

Keywords: frontal loader, loading equipment, bucket, extraction force.

Введение

Одноковшовые погрузчики широко применяются в различных отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а при установке сменного рабочего оборудования для выполнения ряда других работ.

В мировой практике наиболее распространены фронтальные погрузчики, которые отличаются наибольшей простотой конструкции, универсальностью применения сменного оборудования, унификацией конструктивного исполнения независимо от типоразмера машины и др.

Основным рабочим органом погрузчика является ковш, установленный на конце стрелы. Поворотные механизмы ковша отличаются большим разнообразием кинематических схем и исполнений [1]. Наиболее применимы для погрузочного оборудования одноковшовых погрузчиков одноступенчатые поворотные механизмы с механической системой слежения положения ковша при подъеме стрелы. Для большинства кинематических схем рычажного механизма поворота ковша наиболее рациональной является схема перекрестного типа.

Она обеспечивает лучшие технико-эксплуатационные показатели, поэтому принята для большинства погрузчиков. В результате применения рычага первого рода с опорой на стреле обеспечивается вырывное усилие N_B в начале поворота ковша в штабеле насыпного груза. Оно является одним из наиболее важных параметров, которое должно превосходить номинальную грузоподъемность погрузчика для возможности напол-

нения ковша при тяжелых материалах и грунтах, а также для выполнения не только погрузочных, а также и землеройно-транспортных работ. Исходя из практики $N_B = (2\div3)Q_H$ (Q_H - номинальная грузоподъемность погрузчика) [2].

Процесс проектирования гидромеханизма поворота ковша одноковшового фронтального погрузчика является трудоемким и особенно важным, так как при построении его кинематической схемы необходимо обеспечить наибольшее выглубляющее усилие при одних и тех же параметрах ковшевого гидроцилиндра и необходимую кинематику при запрокидывании ковша, подъеме стрелы и разгрузке. Для уменьшения габаритов и повышения маневренности этот гидромеханизм должен быть компактным.

В существующей методике при построении кинематической схемы погрузочного оборудования стрелу предлагается изображать в пяти положениях от нижнего до верхнего, затем конструктивно путем прочерчивания и подбора определяются элементы рычажной системы [2]. Процесс является громоздким, его приходится повторять, что занимает много времени. Кроме этого, в расчет не принимается такой важный параметр, как вырывное усилие ковша, которое является следствием построения и практически всегда не будет максимальным.

Целью работы является вывод математических зависимостей и обоснование рациональных параметров для автоматизации проектирования гидромеханизма поворота ковша одноковшового фронтального погрузчика.

$$(x - a_2)^2 + (y - b_2)^2 = T^2. \quad (1)$$

Определяем угол α_2 :

$$\alpha_2 = 270^\circ - (\alpha_R + \alpha_C + \alpha_P).$$

Координаты точки O'_3 равны:

$$\begin{aligned} a_3 &= O'_{3X} = O_{1X} + R_K \sin \alpha_2 = a_1 + \\ &+ R_K \sin[270^\circ - (\alpha_R + \alpha_C + \alpha_P)]; \\ b_3 &= O'_{3Y} = O_{1Y} + R_K \cos \alpha_2 = b_1 + \\ &+ R_K \cos[270^\circ - (\alpha_R + \alpha_C + \alpha_P)]. \end{aligned}$$

Определяем угол α_1 :

$$\alpha_1 = \arcsin(h_P / R_K).$$

Находим угол α_3 :

$$\alpha_3 = \alpha_1 + (90^\circ - \alpha_2).$$

Координаты точки O_2 равны:

$$\begin{aligned} a_4 &= O_{2X} = O'_{3X} - L \cos \alpha_3 = a_3 - L \cos \alpha_3; \\ b_4 &= O_{2Y} = O'_{3Y} - L \sin \alpha_3 = b_3 - L \sin \alpha_3. \end{aligned}$$

Уравнение окружности с центром в точке $O_2(a_4, b_4)$ радиусом P :

$$(x - a_4)^2 + (y - b_4)^2 = P^2 = (L - T)^2. \quad (2)$$

На основании выражений (1) и (2) составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} (x - a_2)^2 + (y - b_2)^2 = T^2; \\ (x - a_4)^2 + (y - b_4)^2 = (L - T)^2. \end{cases} \quad (3)$$

Так как система уравнений (3) имеет три неизвестных (x , y , T), то для ее решения необходимо дополнительно задать уравнение прямой AB , проходящей через точку O_3 , которая является направлением тяги T при горизонтальном положении режущей кромки ковша.

Для обеспечения наибольшего вырывного усилия отношение h_{T2} / h_{T1} (рис. 3) должно быть максимальным. Это достигается тогда, когда тяга T направлена под прямым углом к R_K (линии O_1O_3).

Уравнение прямой CD , имеющей угловой коэффициент $k = \operatorname{tg} \alpha_R = n/m$, проходящей через точку $O_1(a_1, b_1)$ [3], имеет вид:

$$y - b_1 = \frac{n}{m}(x - a_1)$$

$$\text{или } nx - my - na_1 + mb_1 = 0.$$

$$\text{Обозначим } -na_1 + mb_1 = c_1.$$

Тогда уравнение данной прямой имеет вид:

$$nx - my + c_1 = 0.$$

Уравнение прямой AB , перпендикулярной прямой CD :

$$mx + ny - c_2 = 0.$$

Точка O_3 лежит на прямой $mx + ny - c_2 = 0$, поэтому ее коэффициенты должны удовлетворять уравнению $ma_2 + nb_2 - c_2 = 0$.

Отсюда $c_2 = ma_2 + nb_2$.

Итак, уравнение прямой AB принимает вид:

$$mx + ny - c_2 = 0.$$

Окончательно имеем систему уравнений

$$\begin{cases} (x - a_2)^2 + (y - b_2)^2 = T^2; \\ (x - a_4)^2 + (y - b_4)^2 = (L - T)^2; \\ mx + ny - c_2 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решая систему уравнений (4), находим длину тяги T и рычага P .

Вырывное усилие на кромке ковша (рис. 3) [2]:

$$N_B = \frac{F_{Ц} Z_{Ц} - G_K i_K}{K i_{II}}, \quad (5)$$

где $F_{Ц}$ – усилие на штоке ковшового гидроцилиндра, Н;

$Z_{Ц}$ – число ковшовых гидроцилиндров;

G_K – вес ковша, Н;

i_K – мгновенное передаточное отношение гидромеханизма погрузочного оборудования при весе ковша G_K .

$$i_K = \frac{h_K h_{T2}}{h_{T1} h_{Ц}}, \quad (6)$$

где h_K – плечо силы G_K силы относительно шарнира O_1 , м;

h_{T1} , h_{T2} – соответственно плечи тяги относительно шарниров O_1 и O_2 , м;

$h_{Ц}$ – плечо ковшового гидроцилиндра относительно шарнира O_2 , м;

K – коэффициент запаса, учитывающий потери на трение в шарнирах рычажной системы;

i_{II} – мгновенное передаточное отношение гидромеханизма погрузочного оборудования при вырывном усилии N_B :

$$i_{II} = \frac{h_B h_{T2}}{h_{T1} h_{Ц}}, \quad (7)$$

где h_B – плечо силы N_B силы относительно шарнира O_1 , м.

Расстояние от точки O_2 до прямой AB определим из рисунка 3 [3]:

$$h_{T2} = O_2 K = \frac{|ma_4 + nb_4 - c_2|}{\sqrt{m^2 + n^2}}. \quad (8)$$

Ось гидроцилиндра ковша направляем перпендикулярно верхней части рычага (линии O_2O_5). Плечо O_2O_5 , ход гидроцилиндра и координаты его крепления к portalу определяем по методикам, изложенным в [5, 6].

Подставляя выражение (8) в формулы (6) и (7), учитывая, что $h_{T1} = R_K$, а затем полученные мгновенные передаточные отношения i_K и i_{II} в выражение (5), зная усилие $F_{Ц}$ на штоке ковшового гидроцилиндра и их число $Z_{Ц}$, находим вырывное усилие N_B на кромке ковша.

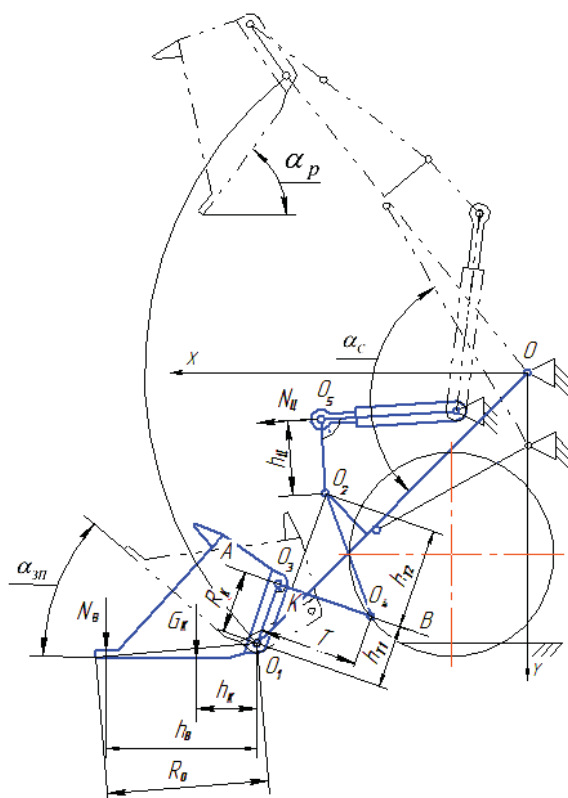


Рисунок 3. Схема для расчета вырывного усилия на кромке ковша погрузчика

Заключение

1. В результате проведенных расчетов была получена компоновка гидромеханизма поворота ковша, обеспечивающая необходимую кинематику, длины нижней и верхней части рычага P и тяги T , ход гидроцилиндра ковша и координаты его крепления к порталу, вырывное усилие N_B , минимальные габари-

ты, лучшую устойчивость и маневренность погрузчика, повышение грузоподъемности.

2. Изложенная методика проектирования гидромеханизма поворота ковша одноковшового фронтального погрузчика может быть реализована в среде MathCAD с использованием программного обеспечения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – 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. Гусак, А.А. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак, Е.М. Бричкова. – 4-е изд. – Мн.: ТетраСистемс, 2002. – 640 с.
4. Машины землеройные. Ковши погрузчиков и погрузочные ковши экскаваторов. Расчет вместимости: ГОСТ 29290-92 (ИСО 7546-83); введ. 01.07.93.
5. 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 «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С. 64.
6. Смирнов, А.Н. Выбор рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С. 68.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.06.2020

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 2-е полугодие 2020 года: для индивидуальных подписчиков - 25,77 руб., ведомственная подписка - 28,02 руб.