

Бейшеналиев А.А.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫСОТЫ ПОДЪЕМА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ БУЛЬДОЗЕРА-ПОГРУЗЧИКА МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Бейшеналиев А.А.

**БУЛЬДОЗЕР-ЖУКТӨГҮЧТҮН ЖУМУШЧУ ЖАБДУУСУН БИЙИКТИККЕ
КӨТӨРҮҮСҮН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ МЕНЕН НЕГИЗДӨӨ**

A.A. Beishenaliev

THE JUSTIFICATION OF THE HEIGHT OF WORKING EQUIPMENT DOZER LOADER MATHEMATICAL MODELING

УДК: 621.878.25

В данной статье получены зависимости для определения основных параметров работы бульдозера-погрузчика, как высота подъема ковша, объем ковша и другие.

Ключевые слова: бульдозер-погрузчик, транспорт, математическая модель, ковш.

Бул макалада бульдозер-жүктөгүчтүн негизги параметрлери болгон сузгучту өйдө көтөрүү, анын көлөмү ж.б. негизги параметрлерин аныктоо үчүн көз карандысыздыктар алынган.

Негизги сөздөр: бульдозер-жүктөгүч, транспорт, математикалык модель, сузгуч.

In given article are received dependencies for determination main parameter working of the bulldozer-loader, as height of the ascent of the scoop, amount of the scoop and others.

Key words: bulldozer-loader, transport, mathematical model, bucket.

В условиях рыночной экономики развитие государства связано с бесперебойным обеспечением транспортными средствами с ближнего и дальнего зарубежья. Решение данной задачи способствует увеличению торговых связей с соседними странами, также создаются условия для возрождения Великого Шелкового Пути. В связи с этим на первый план выходит содержание, ремонт и строительство авто-

мобильных и железных дорог, проложенных на территории нашего государства.

Автомобильные дороги межгосударственного значения проходят через высокогорные массивы, для улучшения оперативности и качества вышеназванных работ на этих дорогах нами предложена дорожно-строительная машина типа бульдозер-погрузчик с высокими функциональными возможностями (рис. 1, а, б).

Как показано на рисунке бульдозер-погрузчик может работать в режиме бульдозера (рис. 1, а) и в режиме погрузчика (рис. 1, б) [1].

Например, для очистки дорог от снежных лавин, верхняя часть, до уровня бордюра безопасности выталкивается в обрыв дороги с помощью бульдозера (в режиме бульдозера – рис. 1, а). Далее для очистки оставшихся снежных масс на проезжей части ниже уровня высоты бордюра безопасности или насыпи (рис. 1, б) требуются дополнительные машины и оборудование, такие как одноковшовые экскаваторы или погрузчики и др. Для таких случаев предлагаемый бульдозер-погрузчик переводится в режим погрузчика как показано на рис. 1, б, и очищает проезжую часть путем набора снежных масс в ковш и выброса их за пределами земляного полотна.

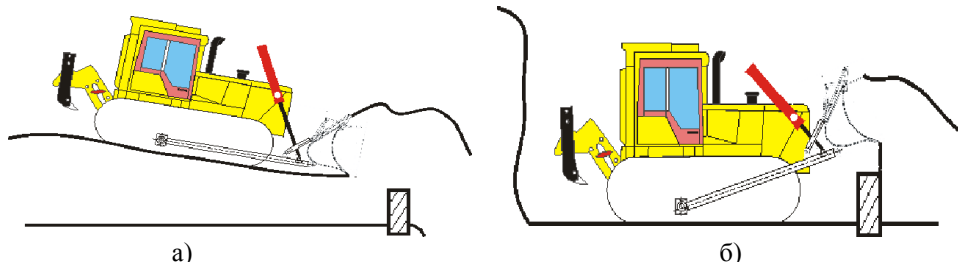


Рис. 1. а. Технологический процесс выполнения очистительных работ на высокогорных дорогах с помощью рабочего оборудования многоцелевого назначения типа бульдозер-погрузчик: а – работа в режиме бульдозера; б – работа в режиме погрузчика.

Предлагаемый универсальный бульдозер-погрузчик является оборудованием многоцелевого назначения и состоит из толкающих брусьев 1, к ним шарнирно закреплен ковш 2 с режущим ножом 3, к ковшу через шарнир 8 присоединен отвал 4 с проушиной 5. Для управления ковшом 2 установлены гидроцилиндры 7, шарнирно соединенные одним концом с толкающимися брусьями 1, другим концом

с ковшом, а для управления отвалом установлены гидроцилиндры 6, которые соединены с проушинами со штоками и с ковшом 2 с цилиндрическими частями отвала (рис. 2).

В предлагаемой конструкции соблюдены основные элементы традиционных рабочих органов (ковш погрузчика, отвал бульдозера) и увеличиваются функциональные возможности.

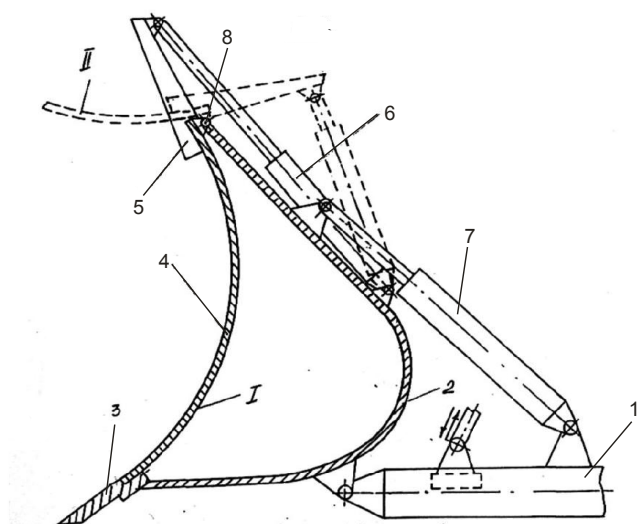


Рис. 2. I – в режиме бульдозера, II – в режиме погрузчика.

Бульдозер погрузчик в режиме бульдозера работает следующим образом. При толкании накопив-

шихся снежных масс отвал полностью закрывает переднюю часть ковша и тем самым ковш не заполняется снежной массой, а при необходимости выброса снежной массы через преграды бульдозер-погрузчик работает в режиме погрузчика с поднятым управляемым отвалом (рис. 2) наполняя ковш снежной массой.

Основным параметром рабочего оборудования бульдозера-погрузчика в начальной стадии работы является высота подъема ковша.

Расчетную схему бульдозера-погрузчика можно представить в виде трехзвенного механизма, состоящего из силового гидроцилиндра подъема и опускания S , подвижного звена R и стойки r (Рис. 3). При этом подъем ковша H является определяющим параметром, так как для сброса снежных масс через преграды требуется определенная высота, связанная с размером преграды на обочине дороги. Указанный параметр обуславливается механизмом подъема рабочего оборудования.

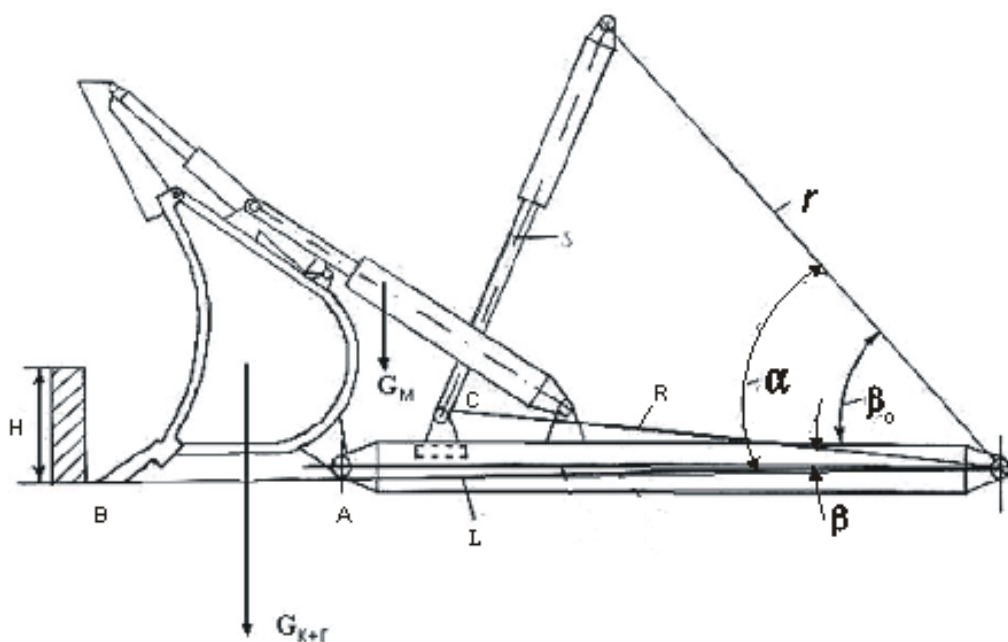


Рис. 3. Расчетная схема.

Высота подъема ковша H определяется положением конца толкающего бруса L (с учетом размера ковша), шарнирно закрепленного одним концом к базовой машине, а другим – к ковшу. Необходимо отметить, что от высоты подъема ковша зависят и другие конструктивные параметры рабочего оборудования, в частности, объем ковша, ширина и высота отвала, а также величина максимального вылета рабочего оборудования от центра тяжести базовой машины и др.

Зависимость высоты подъема рабочего оборудования можно выразить следующим образом:

$$H = L \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

$$\alpha = \beta_0 + \beta \quad (2)$$

где, H – высота подъема рабочего оборудования, L – длина толкающихся брусьев с учетом параметра ковша (AB), β^0 – постоянный угол.

Угол β_0 выразим через размеры звеньев рабочего оборудования, используя теорему косинусов. Для данного механизма это выглядит следующим образом:

$$S^2 = R^2 + r^2 - 2Rr \cos \beta_0$$

$$\beta_0 = \arccos \left(\frac{R^2 + r^2 - S^2}{2Rr} \right) = \arccos \left[\frac{1}{2} \left(\frac{R^2 + r^2 - S^2}{Rr} \right) \right] \quad (3)$$

В свою очередь зависимость для определения изменения величин действующих сил в зависи-

мости от хода штоков гидроцилиндров подъема-опускания, S можно представить в виде:

$$S = S_0 - S_{ш} \quad (4)$$

где, S_0 – максимальная величина силового гидроцилиндра; $S_{ш}$ – величина перемещения штока.

Выражение (3) подставляем в (1) и с учетом (2) получаем $H = Ltg(\beta_0 + \beta)$, тогда:

$$H = Ltg \left\{ \arccos \left[\frac{1}{2} \left(\frac{R^2 + r^2 - S^2}{Rr} \right) \right] + \beta \right\} \quad (5)$$

Выражение (5) устанавливает зависимость высоты подъема H рабочего оборудования от величины перемещения штока силового гидроцилиндра S подъема-опускания.

Для анализа основных параметров механизма подъема рабочего оборудования, необходимо определить отношение перемещения штоков силовых гидроцилиндров подъема-опускания S и высоты подъема H рабочего оборудования, так как данный параметр дает возможность определить координаты мест шарнирных сочленений гидроцилиндров и

толкающихся брусьев. Для этого определяем передаточное отношение между H и S .

Физическим смыслом передаточной функции является определение закономерности перемещения хода штоков гидроцилиндров подъема-опускания и перемещения рабочего оборудования по вертикальной плоскости, так как гидроцилиндры подъема-опускания одним концом закреплены к базовой машине неподвижно (координаты мест шарнирных сочленений не изменяются). В результате изменения ходов штоков и перемещение рабочего оборудования непропорциональны, т.е. точка прикрепления штоков гидроцилиндров S совершает вращательное движение.

В данном случае передаточное число U в элементарном виде запишется следующим образом:

$$U = \frac{H}{S} \quad (6)$$

$$\text{где, } H = Ltg\alpha \quad (7)$$

$$S = \sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr \cos\beta_0} \quad (8)$$

Поставляя выражения (1) и (3), и выражение (5), в (6) получим:

$$U = \frac{H}{S} = \frac{Ltg\alpha}{\sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr \cos\beta_0}} = \frac{Ltg \left\{ \arccos \left[\frac{1}{2} \left(\frac{R^2 + r^2 - S^2}{Rr} \right) \right] + \beta \right\}}{\sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr \cos \left\{ \arccos \left[\frac{1}{2} \left(\frac{R^2 + r^2 - S^2}{Rr} \right) \right] \right\}}} \quad (9)$$

Используя данную функцию можно будет определить конструкцию бульдозера-погрузчика с учетом высоты подъема ковша, т.е. устанавливаем зависимости между перемещением конца рабочего оборудования от движения штока гидроцилиндров подъема и опускания. По графическому изображению (рис. 4) можно сделать вывод, что место шарнирных сочленений гидроцилиндров подъема и опускания с толкающимися брусьями имеет важное значение, т.к. угол между гидроцилиндрами и толкающимися брусьями должен быть более острым.

Используя U можно определить скорость подъема рабочего оборудования при помощи простого выражения:

$$V_k = U \cdot V_{ш} \quad (10)$$

где, V_k – скорость подъема ковша, $V_{ш}$ – скорость штоков гидроцилиндров подъема-опускания рабочего оборудования.

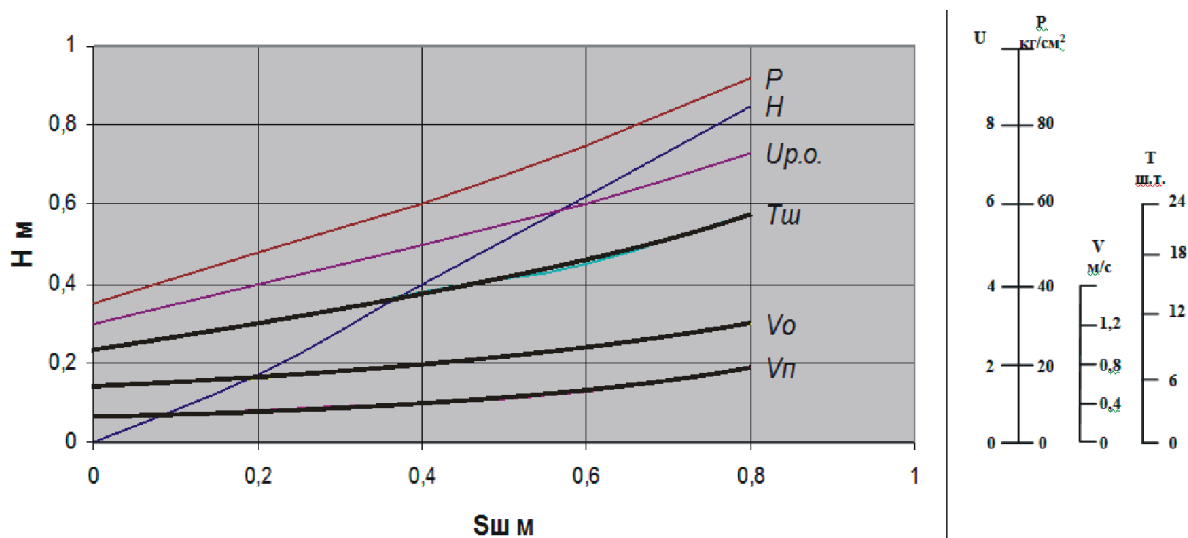


Рис. 4. Характеристика рабочего оборудования бульдозера-погрузчика.

При подъеме рабочего оборудования гидроцилиндры подъема и опускания воспринимают нагрузки от веса рабочего оборудования и от груза и для определения статической нагрузки в штоках гидроцилиндров воспользуемся принципом возможных перемещений.

Запишем уравнение элементарных работ, где

$$G_{K+\Gamma}\Delta H + G_M \frac{r}{L} - T_{ш}\Delta S_{ш}\eta = 0 \quad (11)$$

Уравнение работ позволяет получить формулу для расчета статического усилия в штоках при подъеме грузенного ковша:

$$T_{ш} = \left(G_{K+\Gamma} + G_M \frac{r}{L} \right) \frac{U}{\eta} \quad (12)$$

и при опускании порожнего ковша

$$T_{ш} = \left(G_K + G_M \frac{r}{L} \right) \cdot U \cdot \eta \quad (13)$$

После определения усилия в штоках становится возможным найти величину статического давления в поршневых полостях гидроцилиндров рабочего оборудования бульдозера-погрузчика:

$$P = \frac{T_{ш}}{2F_n} \quad (14)$$

Рассмотрим метод приведения масс груза и рабочего оборудования к штоку механизма подъема. Приведение масс осуществляется из условия равенства кинетической энергии приведенной массы и кинетической энергии системы бульдозера-погрузчика.

Приведенная к штоку масса определяется зависимостью

$$m_n = m_{K+r} \frac{V_{\delta}^2}{V_{ш}^2} + m_{p.o.} \frac{V^2}{V_{ш}^2} \quad (15)$$

Используя формулу (12) запишем выражение для расчета величины приведенной к штоку массы груза и рабочего оборудования бульдозера-погрузчика.

$$m_n = U^2 \left[m_{K+r} + m_{p.o.} \left(\frac{r}{L} \right)^2 \right] \quad (16)$$

Формула (16) показывает, что приведенная масса является функцией абсолютного передаточного отношения рабочего оборудования и поэтому является переменной величиной.

Величина в скобках в формуле (16) имеет постоянное значение и представляет собой массу, приведенную к толкающему брусу:

$$m = m_{K+r} + m_{p.o.} \left(\frac{r_C}{L_C} \right)^2 \quad (17)$$

С учетом (16) и (17) можно определить

$$m_n = m U_P^2 \quad (18)$$

Таким образом, используя вышеприведенные зависимости можно определить основные параметры бульдозера-погрузчика, как координаты мест шарнирных соединений гидроцилиндров подъема-опускания, мощность привода, минимальную высоту подъема рабочего оборудования и соответственно объема ковша и многое другое.

Литература:

1. Рабочее оборудование бульдозера. Патент КР № 1140 от 27.02.2009 г. Исаков К., Тургумбаев Ж.Ж., Мамаев К.А., Сурапов А.К., Бейшеналиев А.А., Алтыбаев А.Ш., Жылкычиев А.К.
2. Гоберман Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1988. -464 с.
3. Рабочий орган бульдозера. Патент КР № 968 от 28.02.2007 г. Исаков К., Тургумбаев Ж.Ж., Бейшеналиев А.А., Сурапов А.К., Алтыбаев А.Ш.
4. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М.: Машиностроение, 1974. -232 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Бекбоев А.Р.