



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ



КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ.И.РАЗЗАКОВА  
НИИ «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

## ОТЧЕТ

# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ “РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ТРАНСФОРМИРУЮЩИМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ” (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ)

Сроки проведения НИР:

начало - 01.01.2022 г., окончание – 31.12.2023 г.

Докладчик:

Руководитель темы - к.т.н., доц. К.Исаков

# ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

**Цель** - разработка и создание многоцелевого трансформирующего рабочего органа на базе колесного одноковшового фронтального погрузчика для повышения эффективности ведения работ в разных отраслях народного хозяйства, путем увеличения функциональной возможности.

## **Основные задачи:**

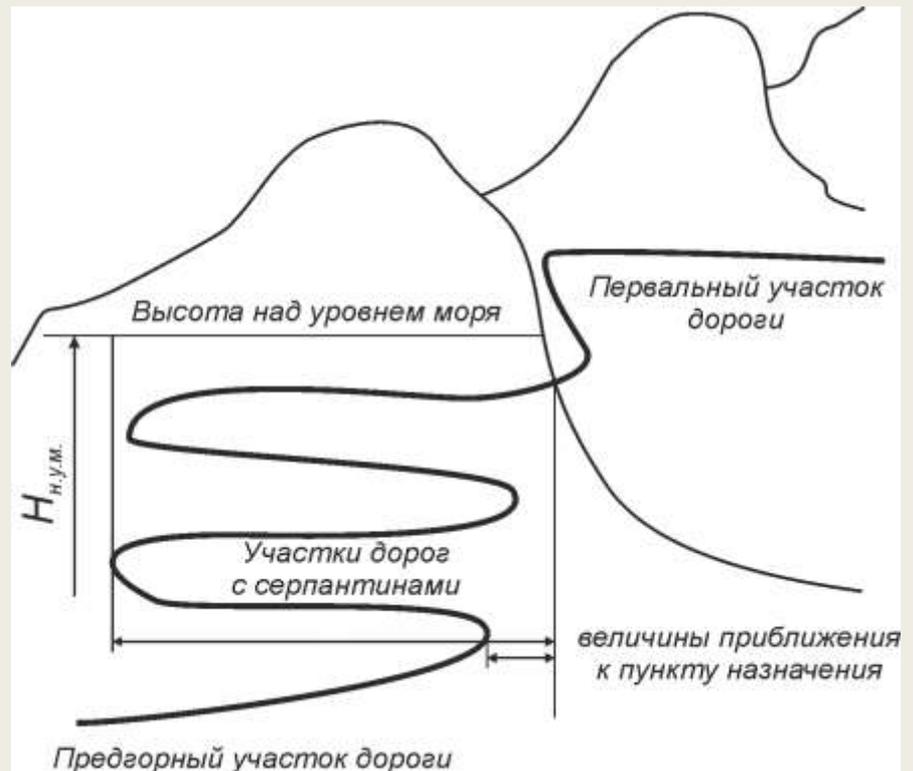
- Обоснование конструктивной особенности вновь разрабатываемого погрузчика.
- Теоретическое обоснование основных параметров многоцелевого трансформирующимся рабочим органом на базе колесного одноковшового фронтального погрузчика.
- Получение математических моделей с учетом величины и направления действующих сил.
- Обоснование курсовой устойчивости машины и проведение прочностных расчетов.
- Разработка методики проведения экспериментальных исследований.
- Разработка и создание физической модели многоцелевого трансформирующегося рабочего органа на базе колесного одноковшового фронтального погрузчика.

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН РАБОТЫ И СРОКИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОСТАВЛЕННЫХ ЗАДАЧ ПО ПРОЕКТУ

№ п/п	Наименование работ по договору и основных этапов его выполнения	Вид отчетности	Срок выполнения
<b>2022 г.</b>			
1	Совершенствование конструкции одноковшового погрузчика для повышения эффективности в режиме работы, как бульдозер с учетом действующих сил на отвал.	Анализ конструкций одноковшовых погрузчиков	I квартал 2022 г.
2	Кинематический анализ и обоснование скоростей и ускорения движения механизмов.	Проведение анализа и расчета	II квартал 2022 г.
3	Анализ, обработка и обобщение научных результатов за I полугодие	Промежуточный отчет	к 5 июля
4	Обоснование приводов для подъема и опускания стрелы физической модели с гидравлическими схемами.	Разработка схемы гидропривода	IV квартал 2022 г.
5	Разработка методики проведения экспериментальных исследований и рабочих чертежей физической модели.	Разработка методики эксперимента	III квартал 2022 г.
6	Анализ, обработка и обобщение полученных результатов и оформление промежуточного научного отчета	Промежуточный отчет	к 6 декабря
7	Защита научного отчета на НТС госоргана ( <b>Исполнителя</b> ), экспертном совете и НТС УННТП МОН КР	Доклад	По расписанию НТС УННТП МОН КР в ноябре-декабре
<b>2023 г.</b>			
1	Планирование проведения экспериментальных исследований.	Методика экспериментальных исследований	I квартал 2023 г.
2	Создание стендовой физической модели многоцелевого трансформирующегося рабочего органа.	Стенд физической модели	II квартал 2023 г.
3	Анализ и обработка результатов, составление отчета по НИР за I полугодие.	Промежуточный отчет за полугодие	к 7 июля
4	Экспериментальные исследования нагрузок, действующих на приводы (гидроцилиндры), разработка математической модели для определения нагрузок на металлоконструкции погрузчика.	Данные экспериментальных исследований	III квартал 2023 г.
5	Выработка рекомендаций для разработки и создания многоцелевого трансформирующегося рабочего органа на базе колесного одноковшового фронтального погрузчика.	Рекомендации по совершенствованию конструкции	IV квартал 2023 г.
6	Анализ, обработка и обобщение полученных экспериментальных результатов и оформление годового научного отчета.	Заключительный годовой отчет	к 6 декабря
7	Защита научного отчета на НТС госоргана ( <b>Исполнителя</b> ), экспертном совете и НТС УННТП МОН КР	Доклад	По графику МОН КР в ноябре-декабре

# УЧАСТКИ ГОРНЫХ ДОРОГ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

- участки автомобильных дорог, расположенные на равнинных местностях (долина).
- участки автомобильных дорог, расположенные на предгорьях (подножия горы, извилистые, крутые подъёмы и спуски).
- участки автомобильных дорог, расположенные на косогоре (серпантины).
- участки автомобильных дорог, расположенные в ущельях (извилистые).
- участки автомобильных дорог, расположенные на перевальных участках.
- участки автомобильных дорог, расположенные на косогоре без серпантин, стремящиеся к перевалам.



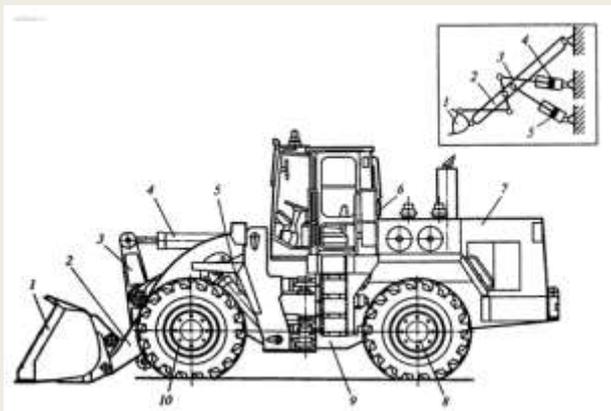
*Высокогорные автомобильные дороги со сложными рельефами местности*

# ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПО ПРОЕКТУ

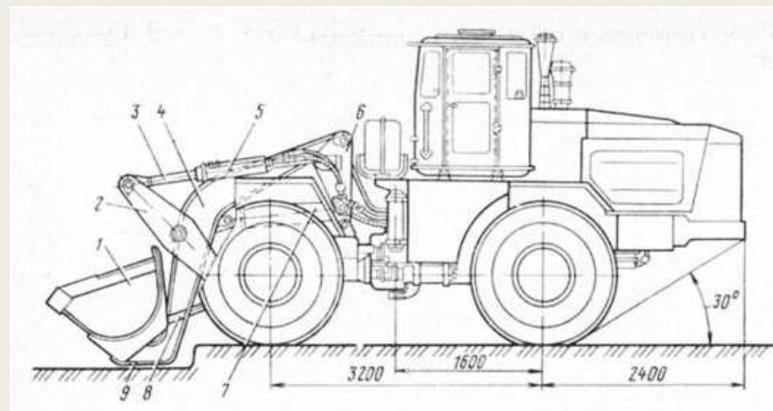
## 1. БАЗОВЫЕ МАШИНЫ

- По типу ходового устройства фронтальные одноковшовые погрузчики разделяют на гусеничные (на базе серийных гусеничных тракторов) и пневмоколесные (на базе серийных колесных тракторов, специальных самоходных колесных шасси). По способу осуществления поворота различают погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой, со всеми управляемыми колесами, с бортовым поворотом. По кинематической схеме рычажной системы рабочего оборудования бывают погрузчики с Z-образной схемой (наиболее распространена), параллелограммной и смешанной схемами. По типу трансмиссии различают погрузчики с гидромеханической (наиболее распространена), гидрообъемной и механической трансмиссией.
- Современные одноковшовые фронтальные погрузчики представляют собой конструктивно подобные машины с Z-образной рычажной системой рабочего оборудования, которые базируются на специальных самоходных двухосных пневмоколесных шасси.
- В СНГ одноковшовые фронтальные колесные погрузчики выпускают следующие предприятия: ОАО «Амкодор» (Республика Беларусь), ОАО «Погрузчик» (г. Орел), ЗАО «Челябинские строительные машины» («ЧСДМ»), ОАО «Михневский ремонтно-механический завод» («МРМЗ») (Московская обл.), Могилевский автомобильный завод (МоАЗ) (Республика Беларусь), ОАО «Донецкий экскаватор» (Ростовская обл.).

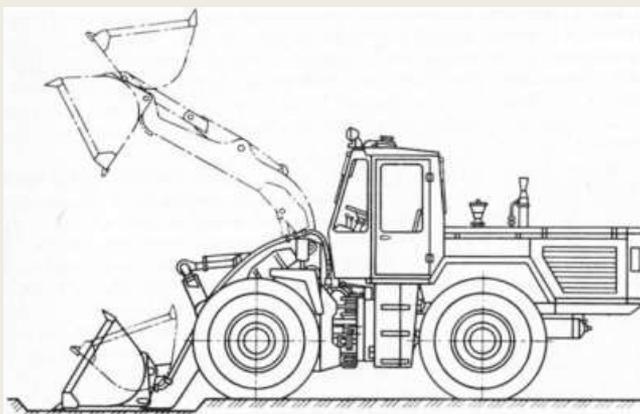
# НЕКОТОРЫЕ ДЕЙСТВУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОГРУЗЧИКОВ



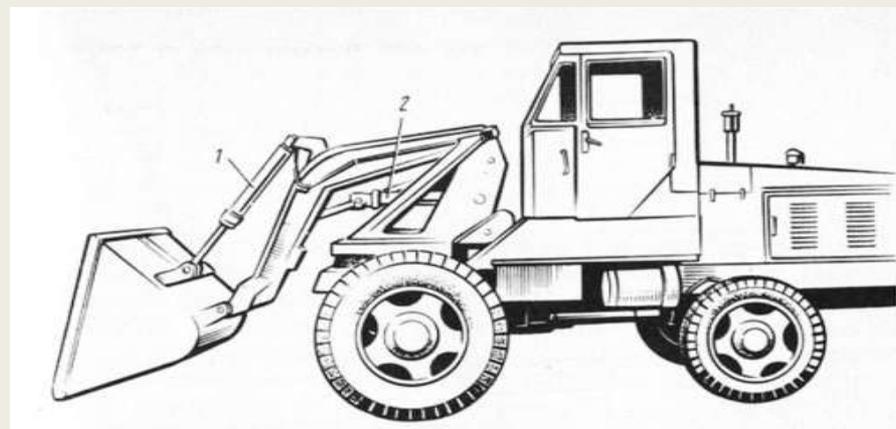
Одноковшовый фронтальный погрузчик Амкодор-361



Одноковшовый фронтальный пневмоколесный погрузчик Д-660



Одноковшовый фронтальный пневмоколесный погрузчик ТО-18



Неполноповоротный пневмоколесный погрузчик Д-602

# ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПО ПРОЕКТУ

## 2. РАБОЧИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

**По конструкции** - это рабочие органы отвально-ковшового типа. Примером такой конструкции является двухчелюстной ковш, который может работать как в режиме погрузочного устройства, так и отвала бульдозера. Он оснащен передней и задней челюстями, шарнирно-соединенными между собой, а также двумя гидроцилиндрами управления. Задняя челюсть выполнена в виде бульдозерного отвала, а передняя имеет днище с режущей кромкой и боковыми стенками. Ковшовые рабочие органы устанавливаются на бульдозеры-погрузчики легкого и среднего классов на пневмоколесном ходу.

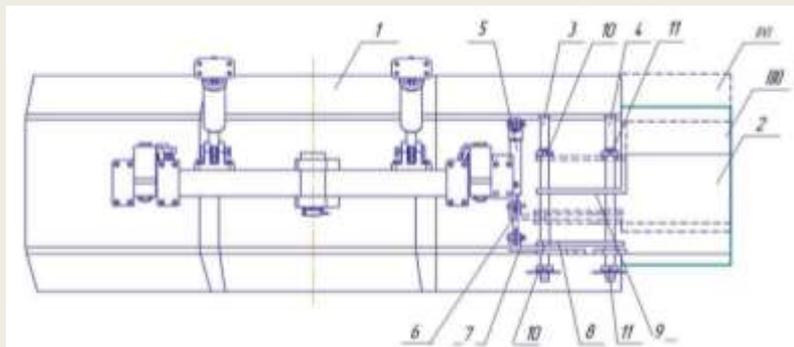
Отвалы классифицируют:

- **По назначению** отвалы разделяются на общего и специального назначения. Отвалы общего назначения используют для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ в различных грунтовых и климатических условиях. Отвалы специального назначения применяются для разработки скальных грунтов, угля, торфа, уборки снега, мусора, древесных отходов, толкания скреперов.
- **По конструкции механизма подвески** отвалы выполняются неповоротными и поворотными в плане, а также перекашиваемыми в поперечной плоскости.
- **По форме в плане** отвалы подразделяются на прямые, и-образные, W-образные и т.д.

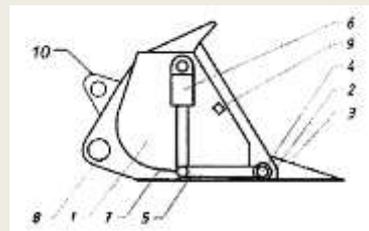
Анализ научно-технической и патентной информации позволяет выделить **три основных направления совершенствования конструкций** отвалов: снижение энергоемкости процесса копания грунта, расширение технологических возможностей и улучшение транспортирующих свойств.



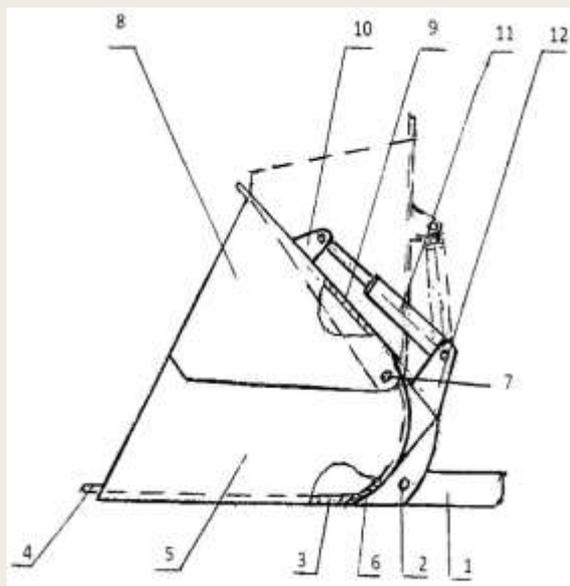
# ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ



Патент RU 2059757 С1. Рабочее оборудование с уширителем отвала



Патент RU 179158 от 25.10.2017, Репин С.В. и др. - Ковш фронтального погрузчика



Патент RU 190426 от 2019.03.21 - Рабочее оборудование фронтального погрузчика



Ковш многофункциональный Boulder "4-в-1"

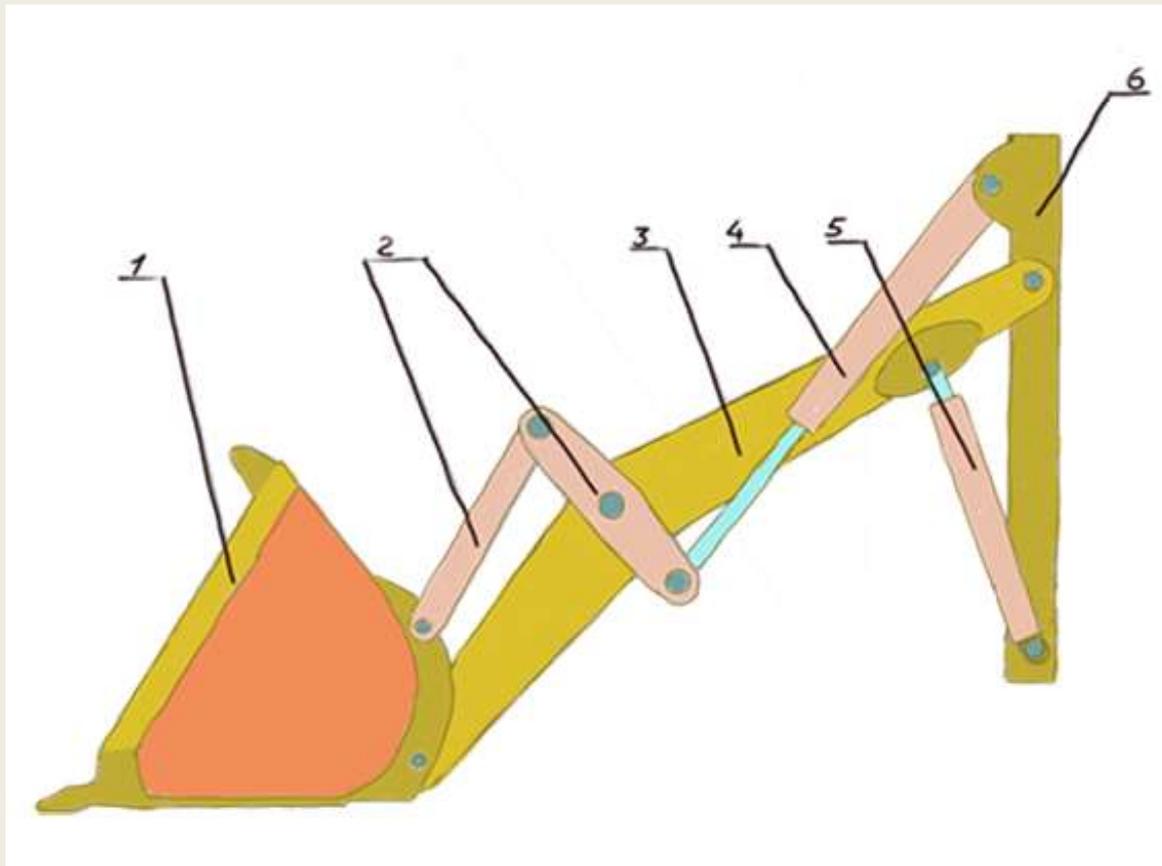


Универсальный ковш PRONAR CW18E

# ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПО ПРОЕКТУ

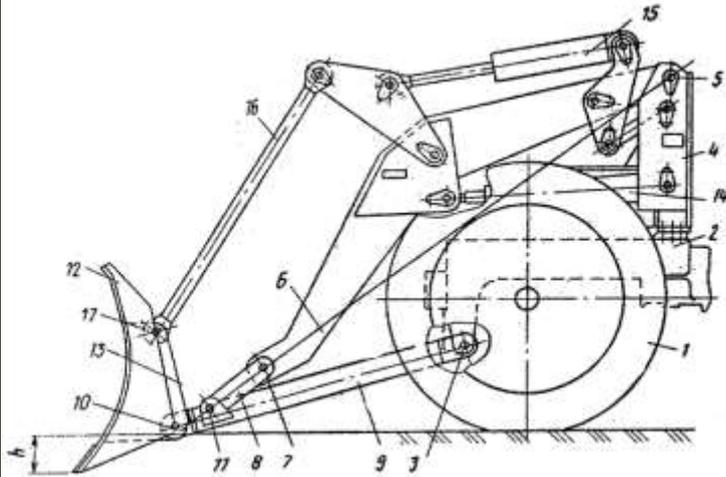
## 2. СТРЕЛА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время более распространены погрузчики с Z-образным рычажным механизмом наклона рабочего органа. В этом случае опора рычага расположена между точками приложения сил. При этом обеспечивается высокое отрывное усилие и незначительная нагрузка на конструкцию.



Общее устройство рабочих механизмов фронтального погрузчика с Z-образным рычажным механизмом. 1 – ковш; 2 – рычажный механизм; 3 – стрела; 4 – гидроцилиндр наклона ковша; 5 – гидроцилиндр подъема и опускания стрелы; 6 – опорный элемент рамы погрузчика

# ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПО ПРОЕКТУ



Изобретение SU№1721186A1 (Р.С.Бурштейн, Минск, 23.03.1992) “Погрузчик-бульдозер”



Погрузчик фронтальный "БЕЛАРУС"-122П11



Погрузчик универсальный 82П10

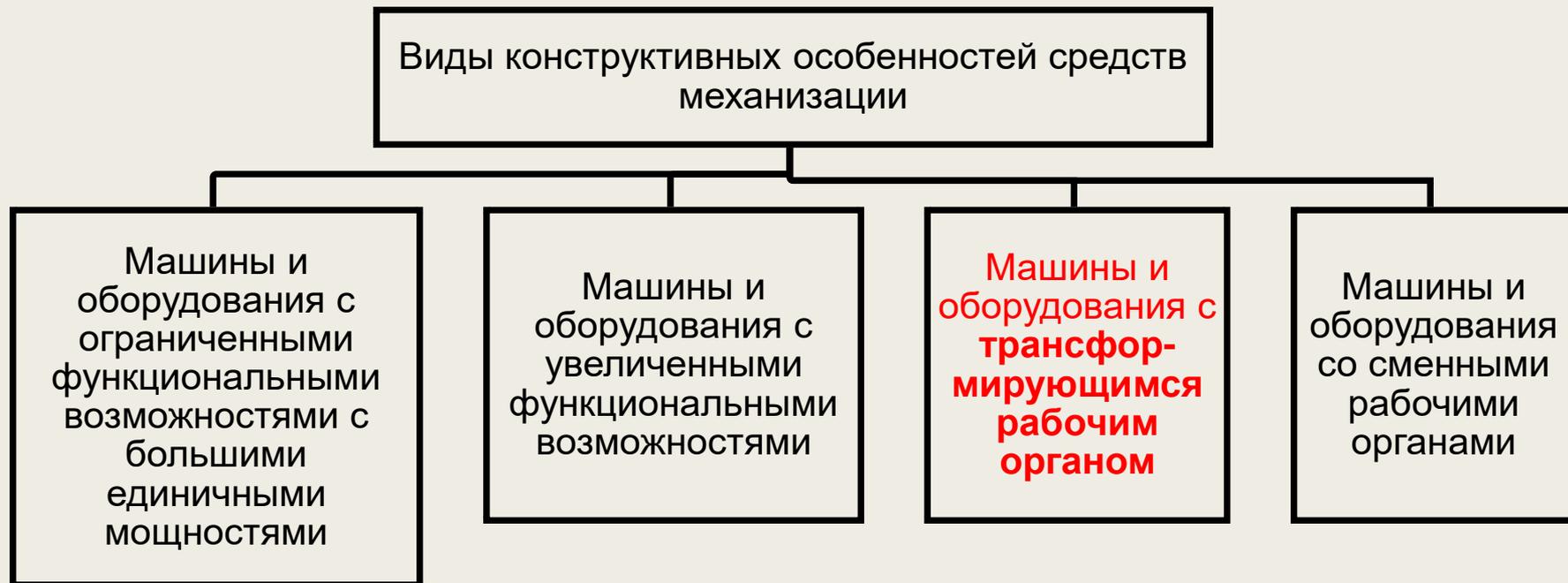


Быстросъемный фронтальный погрузчик Magnum-600

Их главный недостаток - вывешивание передней части базовой машины при разработке прочных материалов вследствие передачи толкающего усилия от грузовой рамы к рабочему органу через высоко расположенный шарнир крепления стрелы, что снижает производительность машины.

# НАУЧНО-ОБОСНОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

**Трансформирующее рабочее оборудование** – это рабочее оборудование имеющее возможность преобразовываться и переходить с одного вида рабочего оборудования к другому путем манипуляцией рабочими органами, при этом в качестве опорно-фиксирующими механизмами действующего рабочего органа являются преобразованный рабочий орган и их механизмы.



# СУЩЕСТВУЮЩИЕ РАБОЧИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И СПОСОБЫ ИХ КОМПОНОВКИ С БАЗОВОЙ МАШИНОЙ

Способы совершенствования дорожно-строительных машин путём компоновки основной части машин (тягач) с исполнительным механизмом (рабочее оборудование)

Компоновка основной части машин (тягач) с исполнительным механизмом в виде прицепного рабочего оборудования

Компоновка основной части машин (тягач) с исполнительным механизмом в виде навесного рабочего оборудования или в виде прицепного рабочего оборудования

Компоновка основной части машин (тягач) с исполнительным механизмом в виде навесного многофункционального рабочего оборудования

Компоновка основной части машин (тягач) с исполнительным механизмом в виде навесного трансформирующегося рабочего оборудования

# СХЕМА ДЕЙСТВИЯ СИЛ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ ОДНОКОВШОВОГО ПОГРУЗЧИКА В РЕЖИМЕ БУЛЬДОЗЕРА

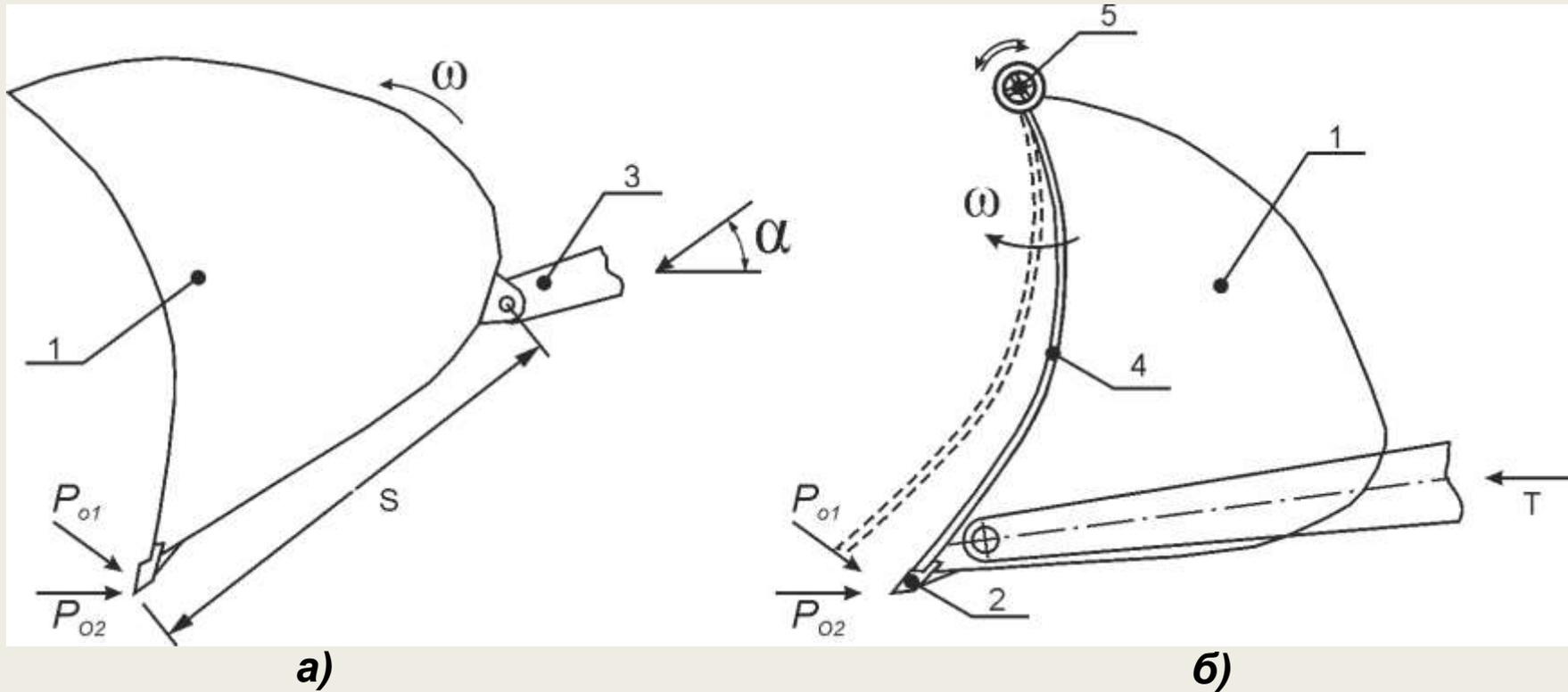


Схема действия сил  $P_{O1}$  и  $P_{O2}$  в процессе работы одноковшового погрузчика в режиме бульдозера: а - рабочий орган обыкновенного одноковшового фронтального погрузчика; б - рабочий орган одноковшового погрузчика с трансформирующимся рабочим органом.

К недостаткам существующего одноковшового погрузчика относятся:

Неустойчивость при погрузочных работах на транспортные средства, которая возникает при подъёме ковша и перемещении с грузом (до уровня выгрузки движения базовой машины погрузчика), через предварительно неподготовленной поверхности земли, как ровная площадка, приготовленная для работы погрузчиков в стационарных условиях (на заводах ЖБИ, на дробильно-сортировочных предприятиях) и другие.

Устойчивость базовой машины теряется при максимальном подъёме ковша с грузом по вертикальном направлении за счёт вновь образовавшихся плеча опрокидывания  $H$ , т.к. по конструкции стрелы погрузчика соединяют центральной части передней сочленённой платформы с центральной части ковша шириной  $B$  с плечами бокового опрокидывания  $B/3$  и при малейшей неровности поверхности движения базовой машины (проваливание одного колёса к неровностям) появляется инерционные силы с плечами  $H$  и  $B/2$ , способный опрокидывать базовую машину, а также для эффективной работы без поломки механизма одноковшового погрузчика в режиме бульдозера не соответствуют некоторые параметры, как угол резания  $\alpha$  ножа ковша (рис.1), а также полностью отсутствует отваливающая поверхность, предназначенная для образования призмы волочения (рис.2).

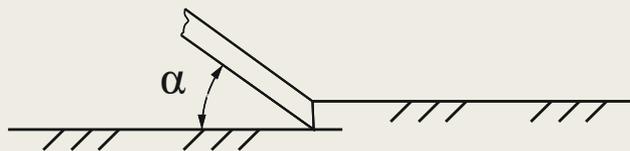


Рисунок 1 - Угол резания ножа бульдозера

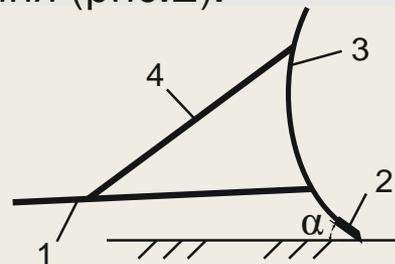
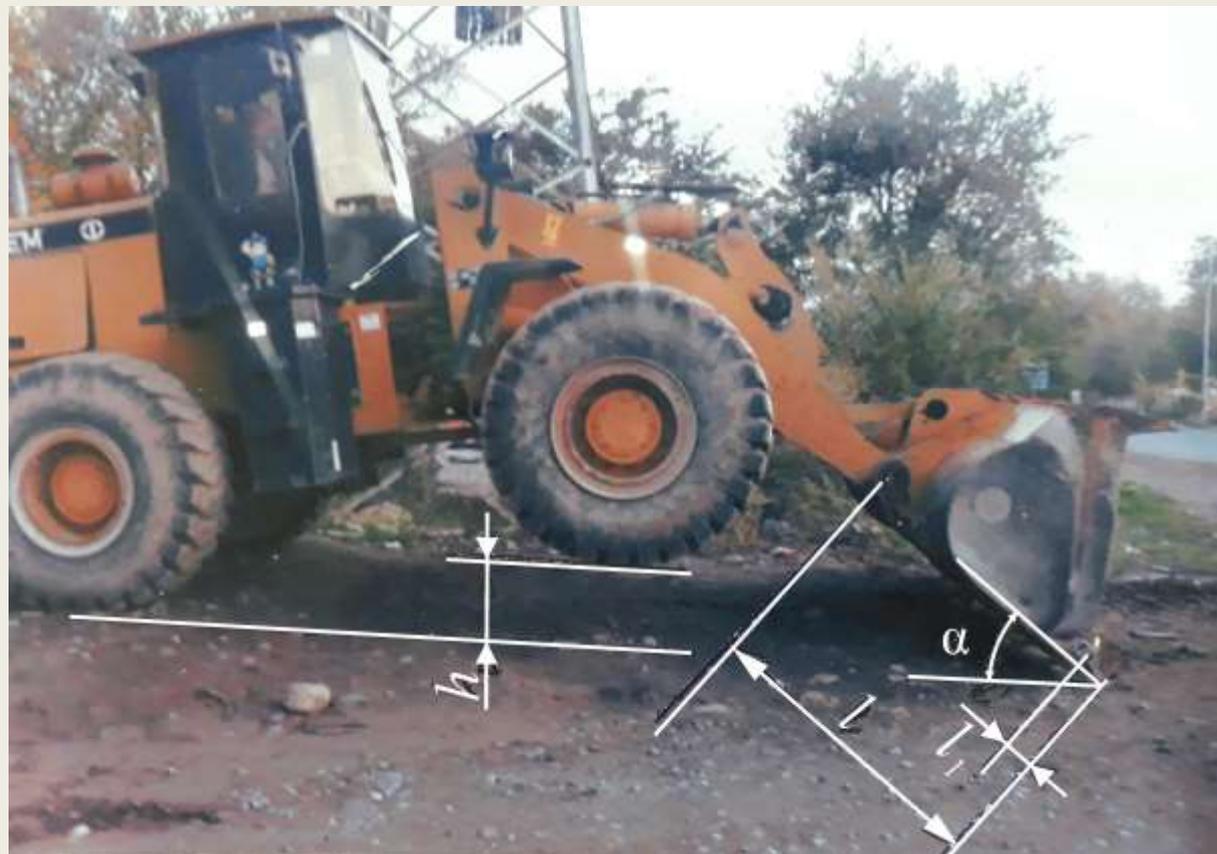


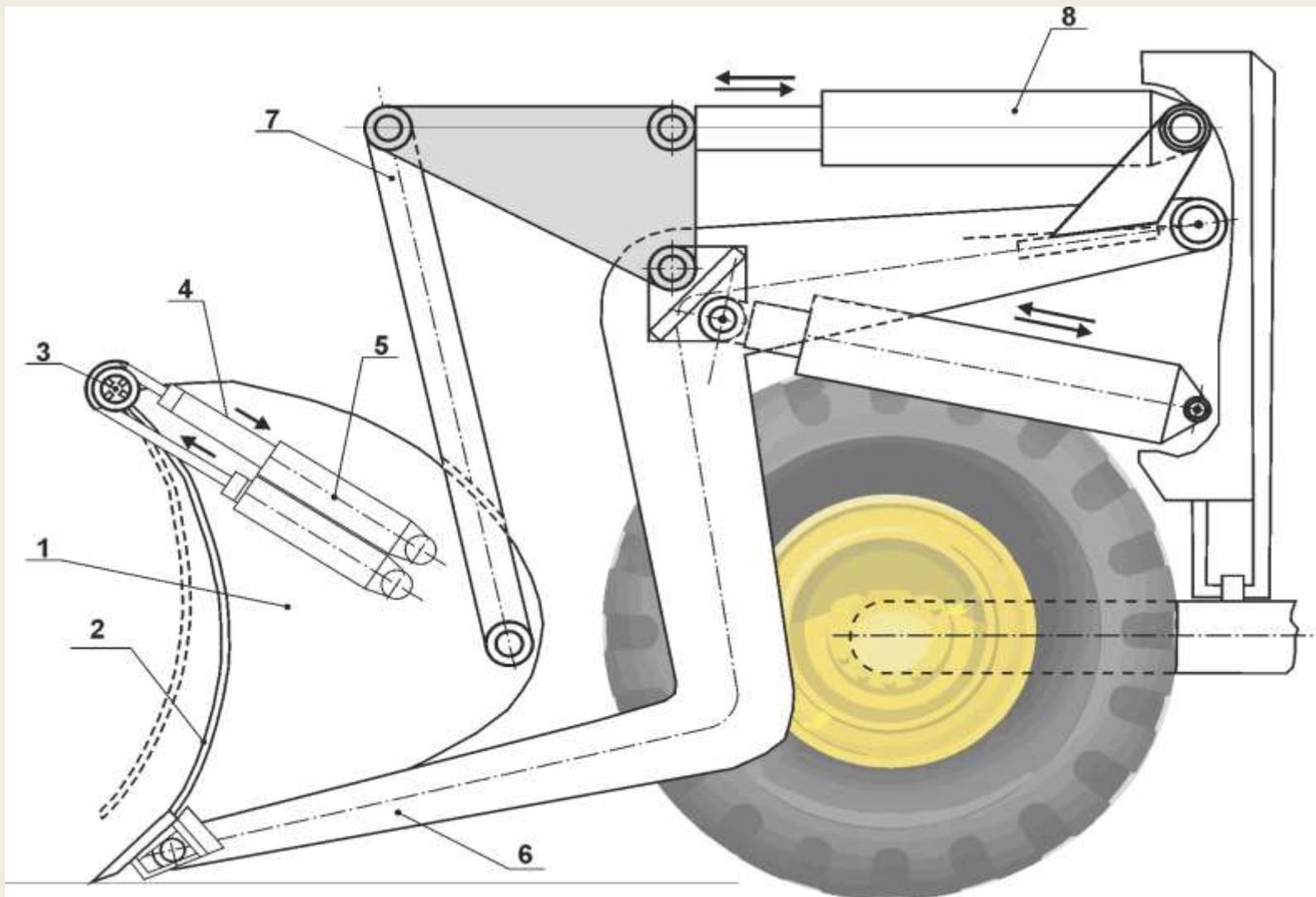
Рисунок 2 - Рабочий орган бульдозера: 1 - толкающие брусья; 2 - нож отвала бульдозера; 3 - отваливающая часть бульдозерного рабочего органа; 4 - раскос

Основным геометрическим параметром отвального рабочего органа является **угол резания  $\alpha$**  и **радиус отвала** (радиус сферы)  $R$ .  
угол резания -  $\alpha \approx 55^\circ$ , радиус отвала –  $R \approx (1,05-1,1) \cdot H$   
где,  $H$ -высота отвала



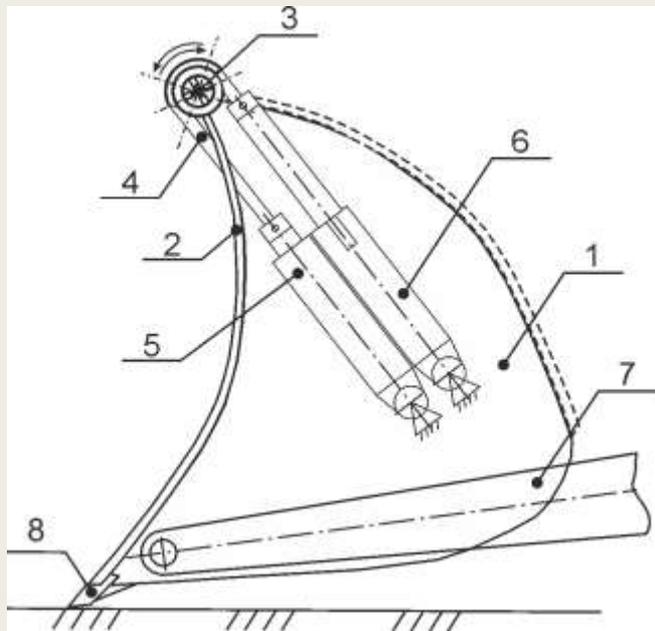
Для достижения значений ( $\alpha \approx 55^\circ$ ) необходимо привести ковш на такое положение, как показано на рисунке, но в таком положении обеспечить соответствующую жесткость для копания является затруднительным, значение параметра  $l$  достаточно большое. Известно, что жесткость – это способность конструкции сопротивляться образованию необратимых деформаций под воздействием внешних нагрузок или способность элемента конструкции противостоять упругому отклонению .

# КОНСТРУКЦИЯ ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ТРАНСФОРМИРУЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ОРГАНОМ



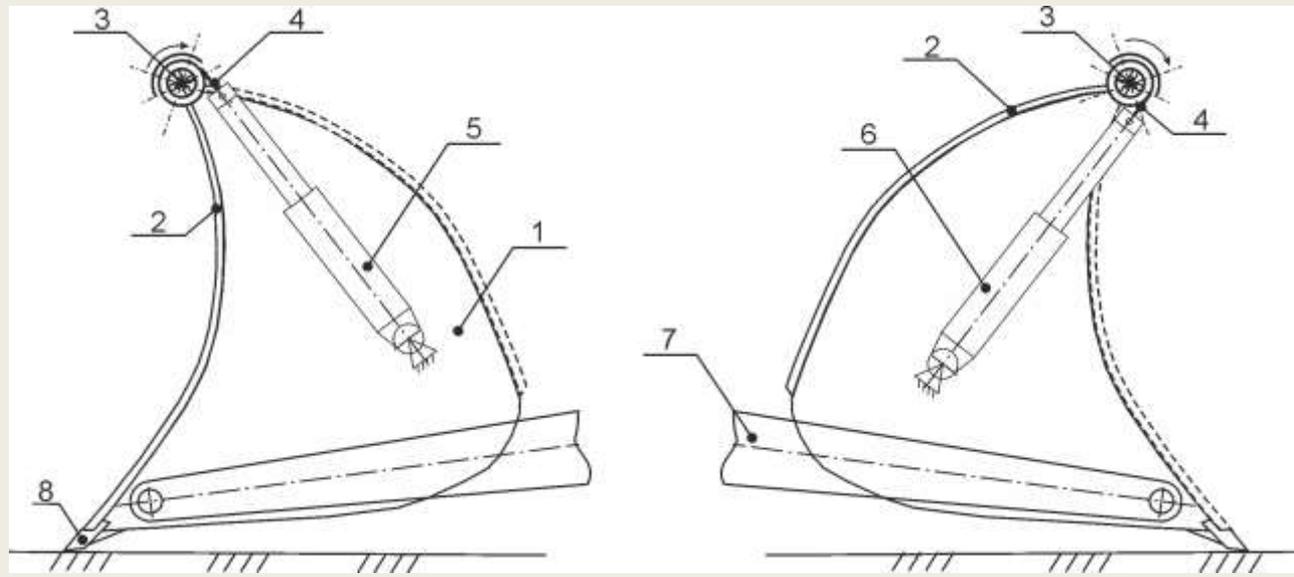
1 - ковш, 2 - отвал, 3 - приводная звездочка, 4 - приводная цепь, 5 - гидроцилиндры для поворота отвала, 6 - стрела, 7 - рычаги для поворота рабочего оборудования, 8 - гидроцилиндры управления рычагами 7

# КОНСТРУКЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТРАНСФОРМИРУЮЩЕГОСЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

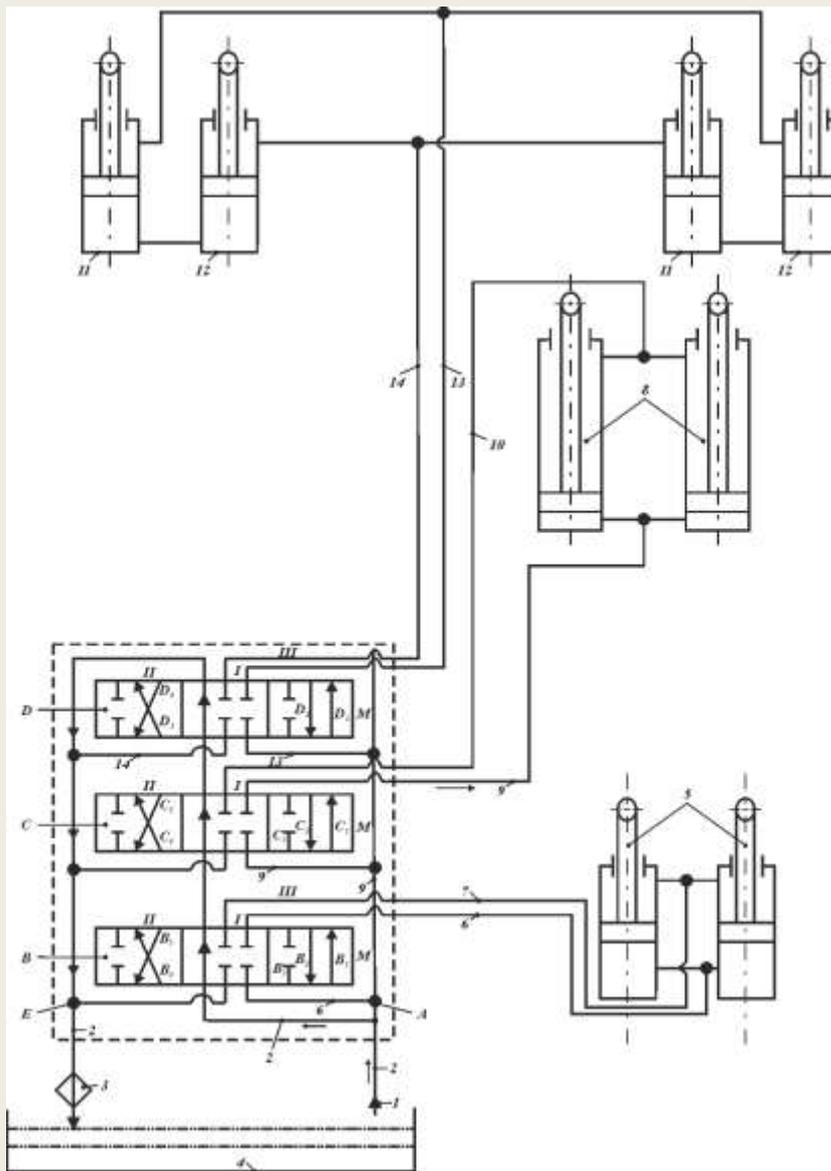


С двумя гидроцилиндрами управления отвалом: 1 – ковш, 2 – отвал, 3 – приводная звездочка, 4 – цепь, 5 – гидроцилиндр управления отвалом (против часовой стрелки) для перевода рабочего органа в режим бульдозера, 6 – гидроцилиндр управления отвалом (поворот по часовой стрелке) для перевода рабочего органа в режим погрузчика, 7 – стрела погрузчика, 8 – нож

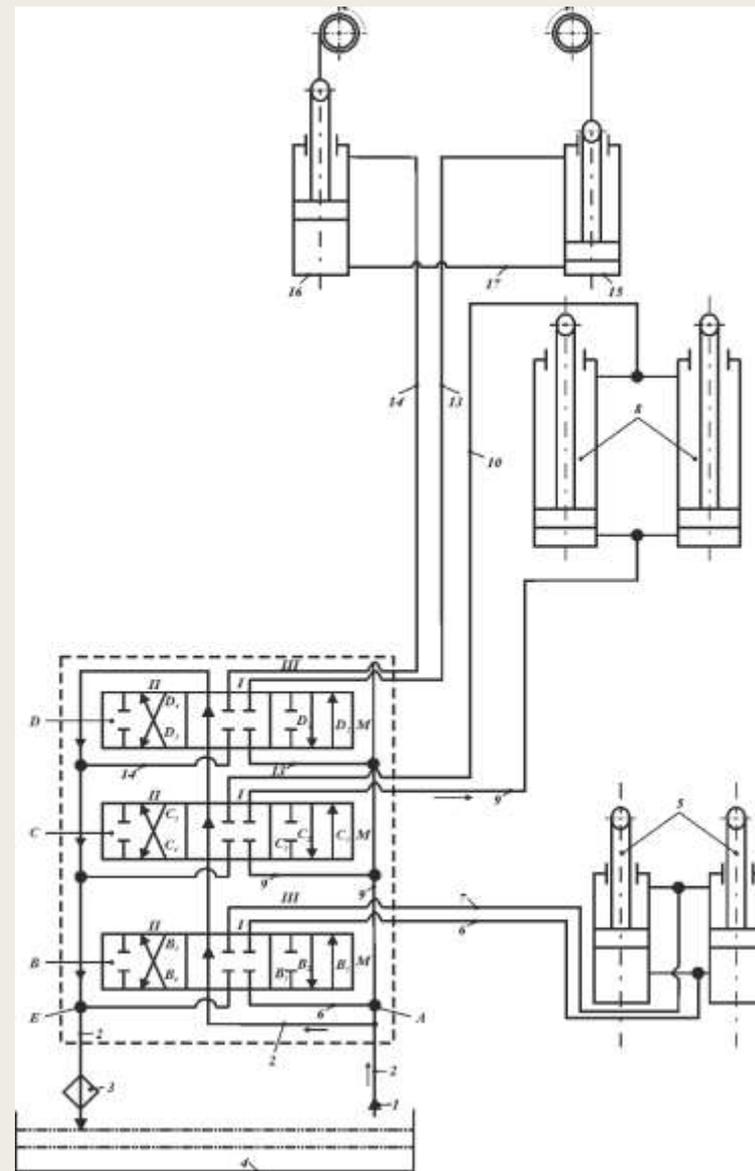
С одним гидроцилиндром управления отвалом: а – для работы в режиме бульдозера; б – для работы в режиме погрузчика



# ПРИНЦИП ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГО-ЦЕЛЕВОГО ТРАНСФОРМИРУЮЩЕГОСЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА



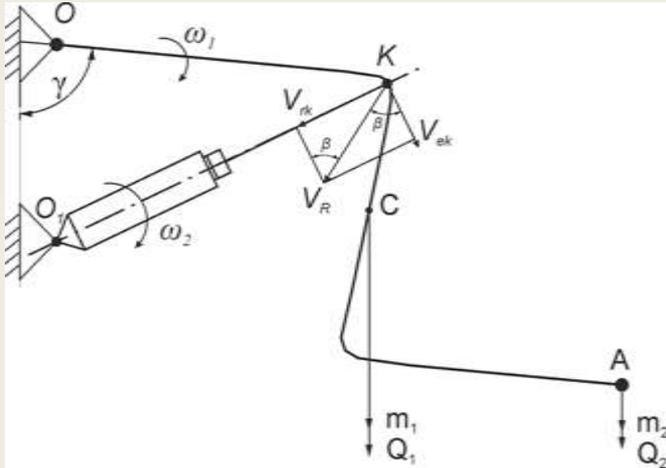
*с двумя гидроцилиндрами управления*



*с одним гидроцилиндром управления*

# КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

## СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ $V$ И УГЛОВЫЕ СКОРОСТИ $\omega$



1) Абсолютная скорость точки К  
(относительно точки  $O_1$ )

$$V_K = \omega_1 \cdot O_1K \quad (1)$$

2) Переносная скорость точки С

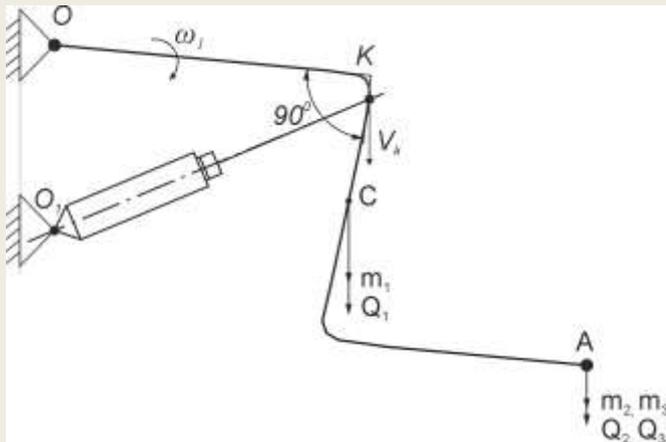
$$V_{ek} = V_K \cdot \cos\beta \quad (2)$$

3) Относительная скорость точки К

$$V_{rk} = V_{шт} \quad (3)$$

или

$$V_{rk} = V_K \cdot \sin\beta \quad (4)$$



1) Абсолютная скорость точки К

(относительно точки  $O$ )

$$V_K = \omega_1 \cdot OK \quad (5)$$

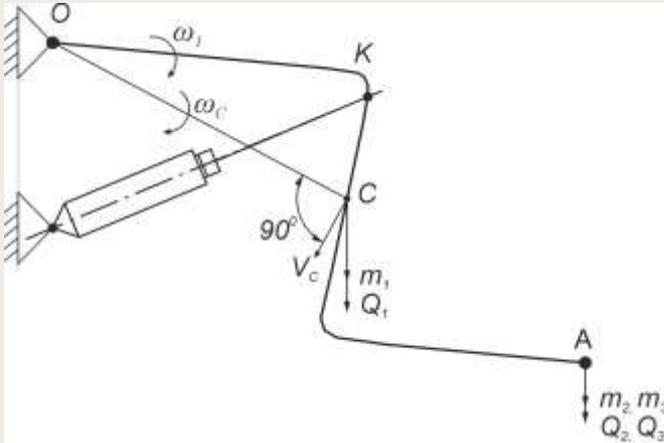
Из уравнения (1) и (5) имеем

$$\omega_2 \cdot OK = \omega_1 \cdot OK \quad (6)$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_2 \cdot O_1K}{OK} \quad (7)$$

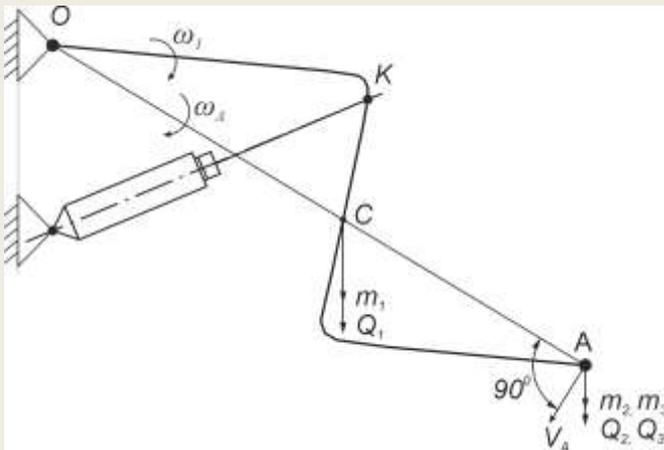
# КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

## СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ $V$ И УГЛОВЫЕ СКОРОСТИ $\omega$



1) Абсолютная скорость точки С

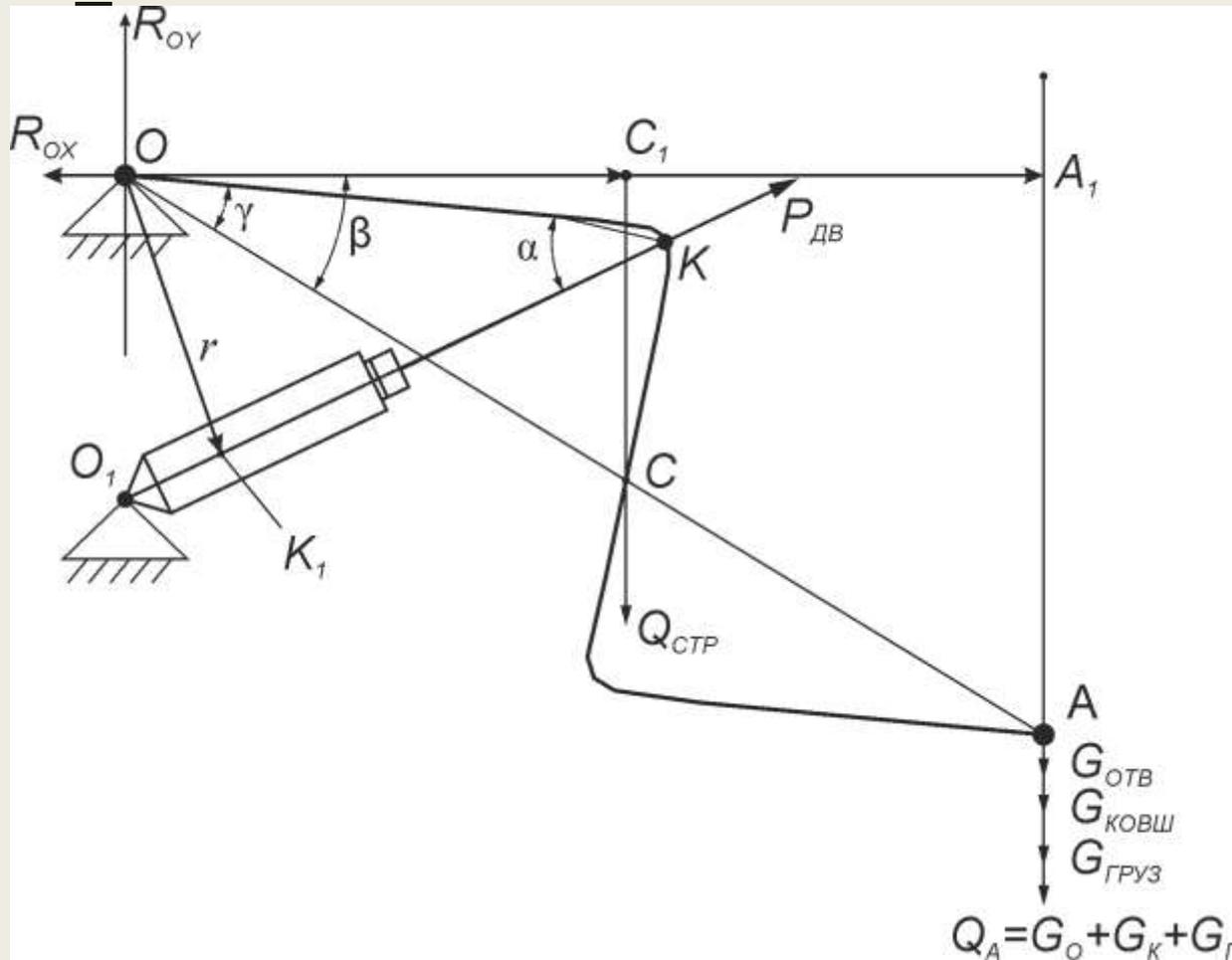
$$V_C = \omega_C \cdot OC \quad (8)$$



1) Абсолютная скорость точки А

$$V_A = \omega_A \cdot OA \quad (9)$$

# СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ К ШТОКОМ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ДЛЯ ПОДЪЁМА И ОПУСКАНИЯ СТРЕЛЫ



Уравнение моментов относительно точки  $O$ , в результате получим одно уравнение с одной неизвестной  $P_D$

$$\sum M_0 = P_D \cdot r - Q_A \cdot OA_1 - Q_{СТР} \cdot OC_1$$

$$P_D = \frac{Q_A \cdot OA_1 + Q_{СТР} \cdot OC_1}{r}$$

Находим плечи сил  $Q_{СТР}$ ,  $Q_A$  и  $P_D$  относительно точки  $O$ . Для этого, опустим из неё перпендикуляры  $OA$ ,  $OC$  и  $r$  к линиям действия сил  $Q_{СТР}$ ,  $Q_A$  и  $P_D$ .

Величины этих плеч определяются через углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  между линиями  $OA$ ,  $OC$  и  $r$  и перпендикуляром к линиям действия силы тяжести, т.е.

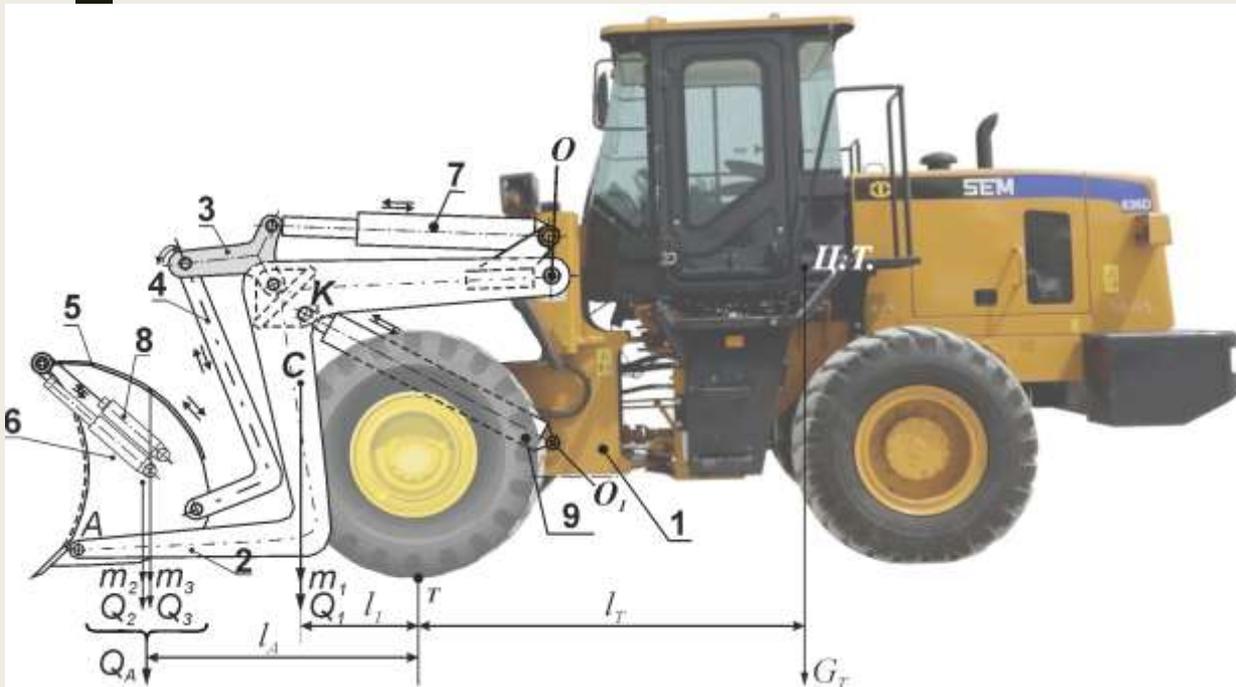
$$OA_1 = OA \cdot \cos \beta$$

$$OC_1 = OC \cdot \cos \gamma$$

$$r = K_1 K \cdot \sin \alpha$$

$$P_D = \frac{Q_A \cdot OA \cdot \cos \beta + Q_{СТР} \cdot OC \cdot \cos \gamma}{K_1 K \cdot \sin \alpha}$$

# УСТОЙЧИВОСТЬ ПОГРУЗЧИКА С ТРАНСФОРМИРУЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ОРГАНОМ



Относительная ось опрокидывания нормально составляющая сила тяжести базового трактора  $G_T$  центр тяжести базовая машина с плечой ( $l_T$ ) образуют удерживающий момент, препятствующий опрокидыванию машины, когда погрузчик находится на горизонтальной поверхности

$$M_{уд} = G_T \cdot l_T$$

где,  $G_T$  - вес погрузчика с учётом силы тяжести противовеса;  $l_T$  - плечо от точки  $T$  опрокидывания до линии действия  $G_T$ .

Продольно составляющие сил  $Q_A$ ,  $Q_I$  (без учёта сил инерции) относительно той же оси образуют опрокидывающий момент, т.е.

$$M_{опр} = Q_A \cdot l_A + Q_I \cdot l_I$$

Разность между моментами  $M_{уд}$  и  $M_{опр}$  определяет момент запаса устойчивости

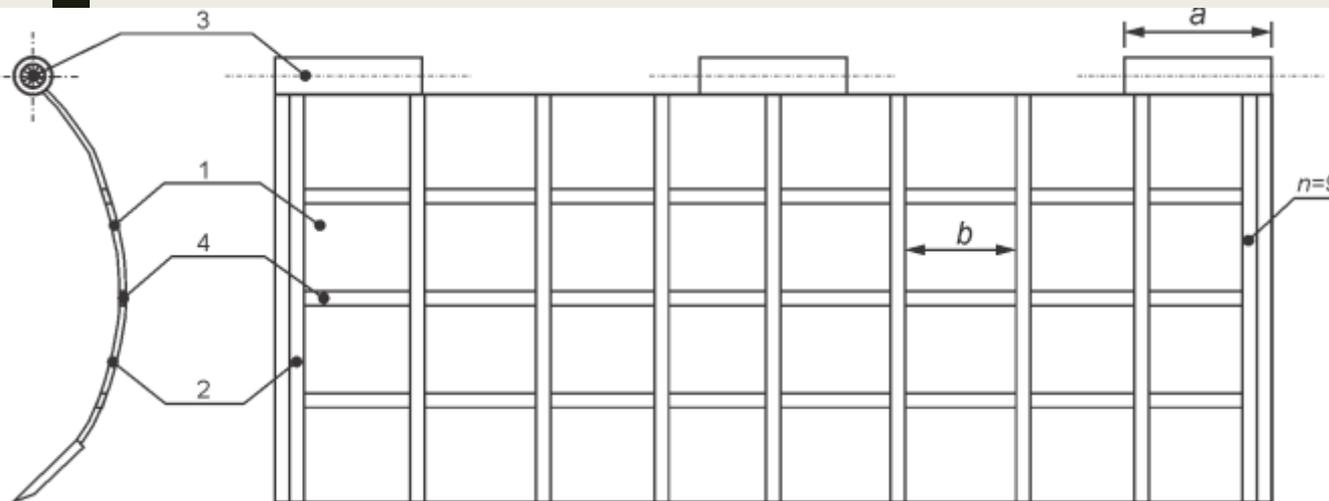
$$M_{зан} = M_{уд} - M_{опр}$$

Условие устойчивости

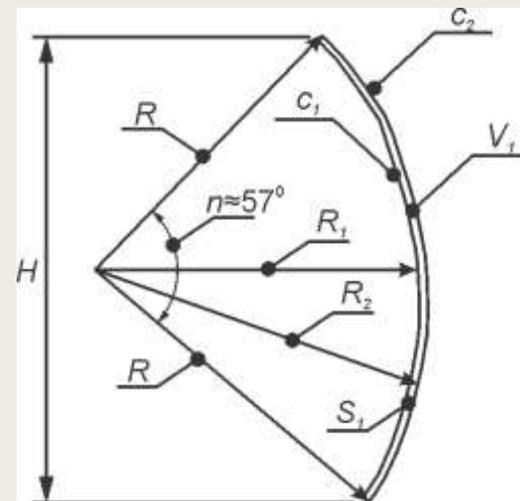
$$M_{уд} > M_{опр}$$

В зависимости от изменении конструкции одноковшового погрузчика с трансформирующимся рабочим органом, в частности к опрокидывающему моменту добавлены вес отвала, соответственно необходимо учитывать возможности увеличения массы противовеса и влияние которых на другие параметры.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА И МАСС РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУЛЬДОЗЕРА-ПОГРУЗЧИКА С ТРАНСФОРМИРУЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ



Предполагаемый отвал бульдозера: 1-отваливающий лист; 2-ребро жесткости; 3-жестко закрепленные к отвалу части цилиндрических шарниров; 4- ребро жесткости



Отваливающий лист

Отвал состоит из между собой сваренных 4-х деталей, т.е. из четырех масс ( $m_1, m_2, m_3, m_4$ ) с определенными количествами  $n$  каждой из составляющих. Тогда

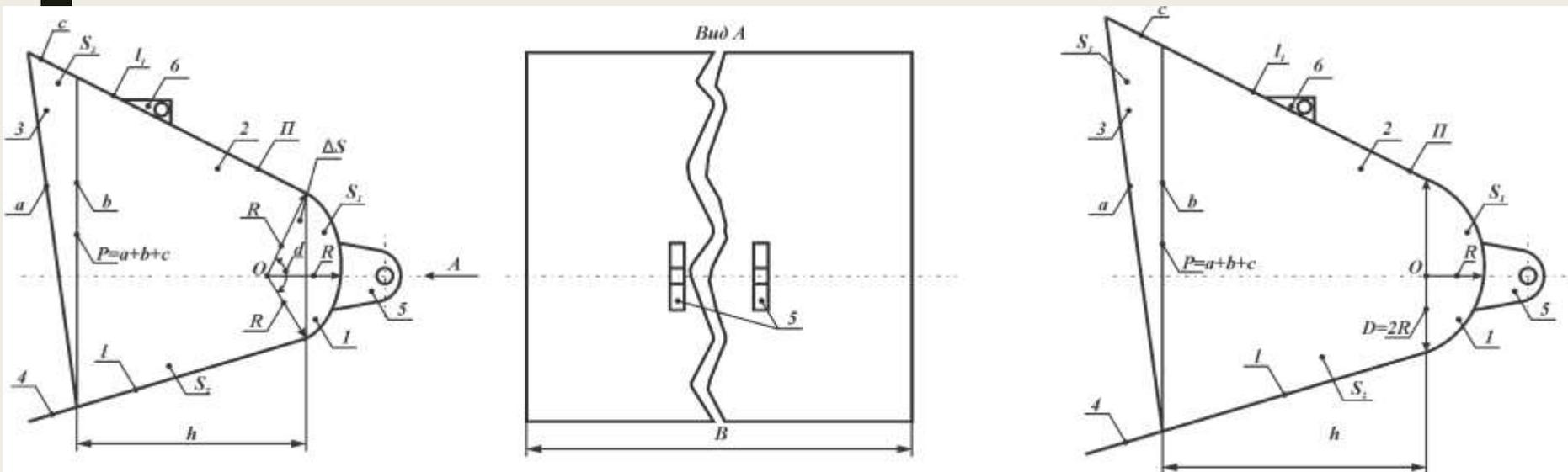
$$m_{\text{отв}} = n_1 m_1 + n_2 m_2 + n_3 m_3 + n_4 m_4 \quad \text{или} \quad m_{\text{отв}} = m_1 + 9m_2 + 3m_3 + 24m_4$$

при  $\rho = 7826 \text{ кг/м}^3$  (высоколегированный ст.45 ГОСТ 1050-74)

$$m_{\text{отв}} = 156,5 + 9 \cdot 14,0 + 3 \cdot 9,2 + 24 \cdot 1,88 = 181,58 \text{ кг}$$

где,  $m_1$  – масса отваливающего листа;  $m_2$  – масса вертикальных ребер жесткости;  $m_3$  – масса части цилиндрических шарнирных соединений;  $m_4$  – масса горизонтальных ребер жесткости;  $n_1, n_2, n_3, n_4$  – количество одинаковых элементов составляющие масс  $m_1, m_2, m_3, m_4$ .

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА И МАСС РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУЛЬДОЗЕРА-ПОГРУЗЧИКА С ТРАНСФОРМИРУЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ



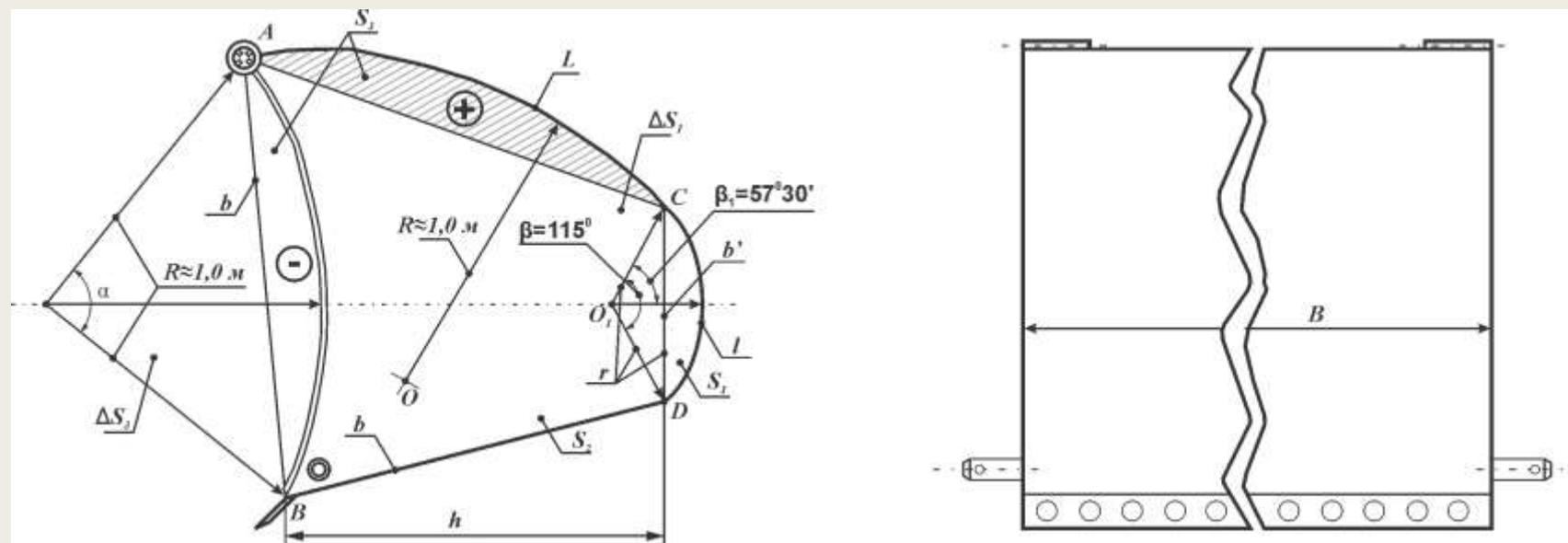
Конструкция ковшовых рабочих органов: а) ковш с объемом ( $V_n$ ) меньше  $1,5 \text{ м}^3$ ; ковш с объёмом ( $V_n$ ) до  $3,0 \text{ м}^3$ ; 1 - боковина донной части ковша; 2 - боковина основная; 3 - боковина заднего козырька; 4 - нож с зубьями; 5 - проушины для навески к стрелам погрузчика; 6 - проушины для механизма поворота ковша

$$V = \frac{\pi R}{180} \cdot \alpha \cdot \sqrt{h^2 + \left(\frac{b - b'}{2}\right)^2} + c$$

$$m_{\text{ОБРАЗ.}} = \left[ \frac{\pi R}{180} \cdot \alpha + 2 \sqrt{h^2 + \left(\frac{b - b'}{2}\right)^2} + c \right] \cdot \delta \cdot \rho$$

где,  $\delta$  - толщина материала (ст.45, ГОСТ 1050-74),  $\delta=10 \text{ мм}=0,01 \text{ м}$ ,  $\rho=7500\text{-}7850 \text{ кг/м}^3$

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА И МАСС РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУЛЬДОЗЕРА-ПОГРУЗЧИКА С ТРАНСФОРМИРУЮЩИМСЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ



Конструкция ковшовых рабочих органов: а) ковш с объемом ( $V_n$ ) меньше  $1,5 \text{ м}^3$ ; ковш с объёмом ( $V_n$ ) до  $3,0 \text{ м}^3$ ; 1 - боковина донной части ковша; 2 - боковина основная; 3 - боковина заднего козырька; 4 - нож с зубьями; 5 - проушины для навески к стрелам погрузчика; 6 - проушины для механизма поворота ковша

$$S_{\text{бок}} = S_1 + S_2 + S_3 \quad S_1 = \frac{\pi \cdot R^2}{360} \cdot \alpha \pm \Delta S \quad S_2 = \frac{b + b'}{2} \cdot h \quad S_3 = \frac{\pi R^2}{360} \cdot 60 - \left( \frac{b^2 \sqrt{3}}{4} \right)$$

$$H = 0,8941 \text{ м}$$

$$S_{\text{бок}} = 0,67 \text{ м}^2$$

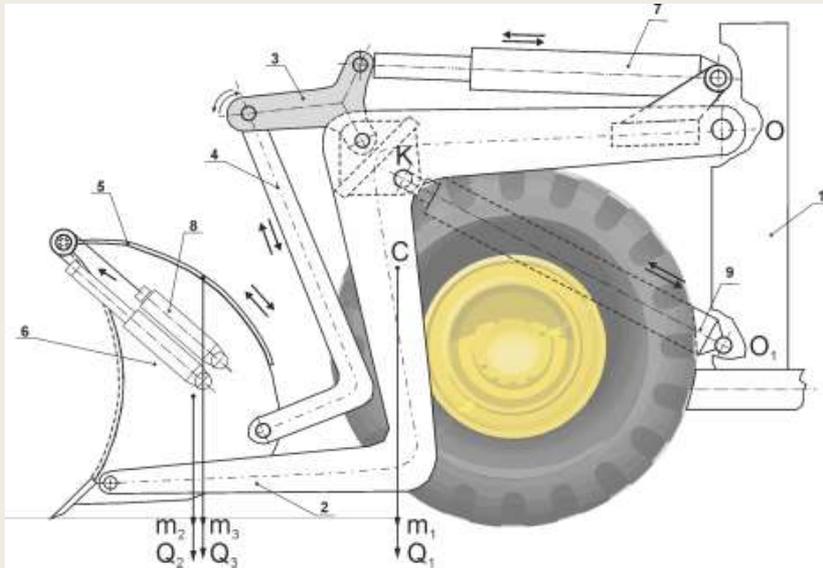
$$m_{\text{ковш}} = 533,4 \text{ кг}$$

Площадь образующего длиной  $L = 2,55 \text{ м}$  и шириной  $B = 2,25 \text{ м}$  (ширина стандартного ковша)

$$V_{\text{ковш}} = 1,507 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{р.о.}} = 689,9 \text{ кг}$$

# ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПОГРУЗЧИКА



Для конструкции приведенные массы и моменты инерции определяются из условия равенства кинетической энергии приведенной массы сумме кинетических энергий масс, которые она заменяет:

$$\frac{1}{2} m_{\text{пр}} V_{\text{пр}}^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i V_i^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n J_i \omega_i^2$$

Для рассматриваемой точки  $K$

$$m_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n m_i \left( \frac{V_i}{V_{\text{пр}}} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_i \left( \frac{\omega_i}{V_{\text{пр}}} \right)^2$$

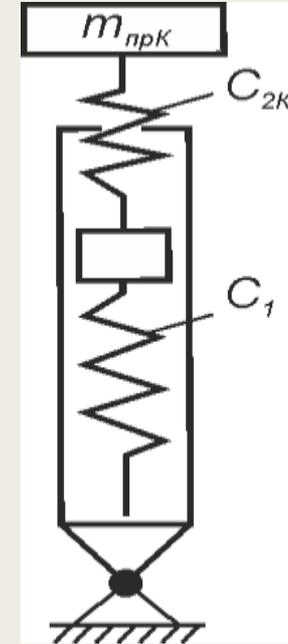
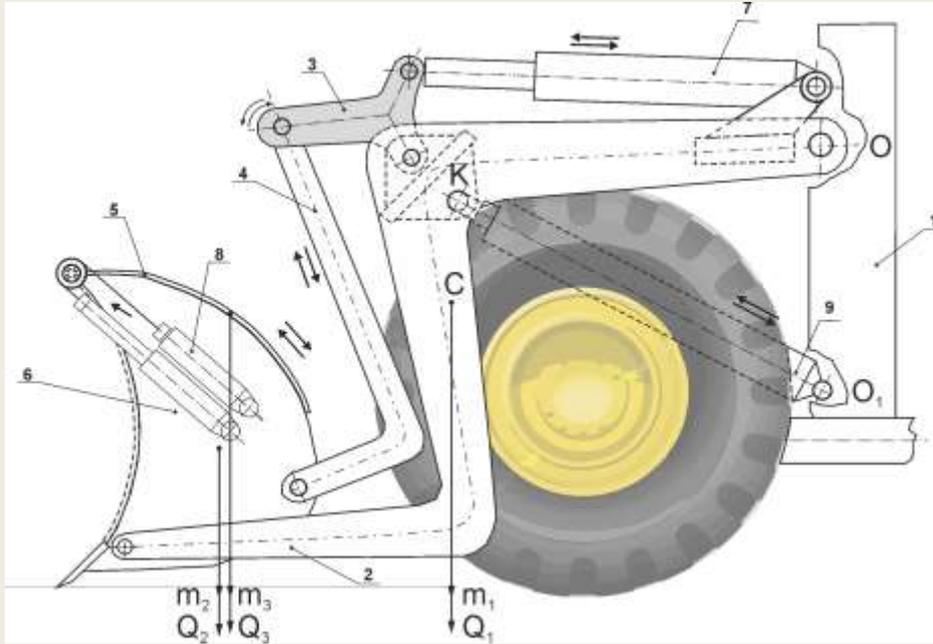
$$m_{\text{пр}K} \ddot{y} + F_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}K} \sin \gamma \quad F_{\text{пр}} = C_{\text{пр}K} \cdot y \quad m_{\text{пр}K} \ddot{y} + C_{\text{пр}K} \cdot y = Q_{\text{пр}K} \sin \gamma$$

$$m_{\text{пр}} = m \left( \frac{V_a}{V_k} \right)^2 + [J_C + m_1 \cdot (OC)^2] \left( \frac{\omega_C}{V_C} \right)^2 \quad \Rightarrow \quad m_{\text{пр}K} = m \left( \frac{OA}{OK} \right)^2 + m_1 \left( \frac{OC}{OK} \right)^2$$

Величину  $J_C$  можно исключить из уравнения из-за незначительности значения.

Коэффициент динамичности определяется по формуле  $K_D = \frac{F_{\text{мах дин}}}{F_{\text{мах стат}}}$

# ЖЕСТКОСТЬ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОГРУЗЧИКА



Жесткость  $C$  также аналогично  $m_{прК}$ , приведем к заранее предположенному месту (точка  $K$ ), согласно правилу и схеме.

Суммарная жесткость последовательно расположенных упругих элементов

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

или

$$C_{прК} = \frac{C_1 \cdot C_{2К}}{C_1 + C_{2К}} = \frac{C_1}{C_1/C_{2К} + 1}$$



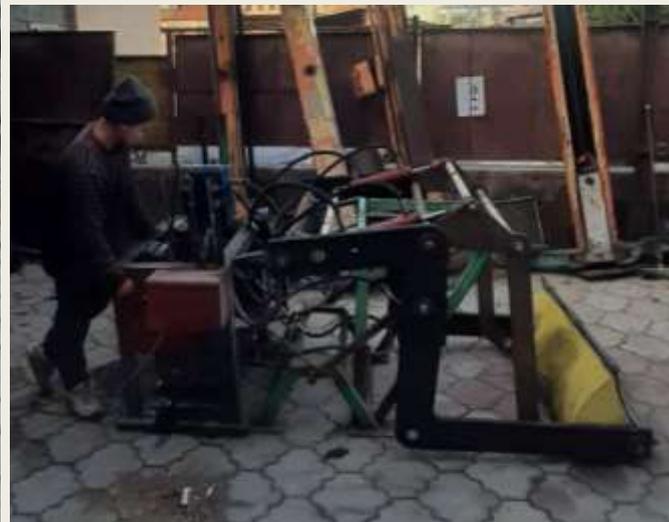
$$C_{прК} = \frac{C_{прА}}{u^2 \cdot \eta}$$



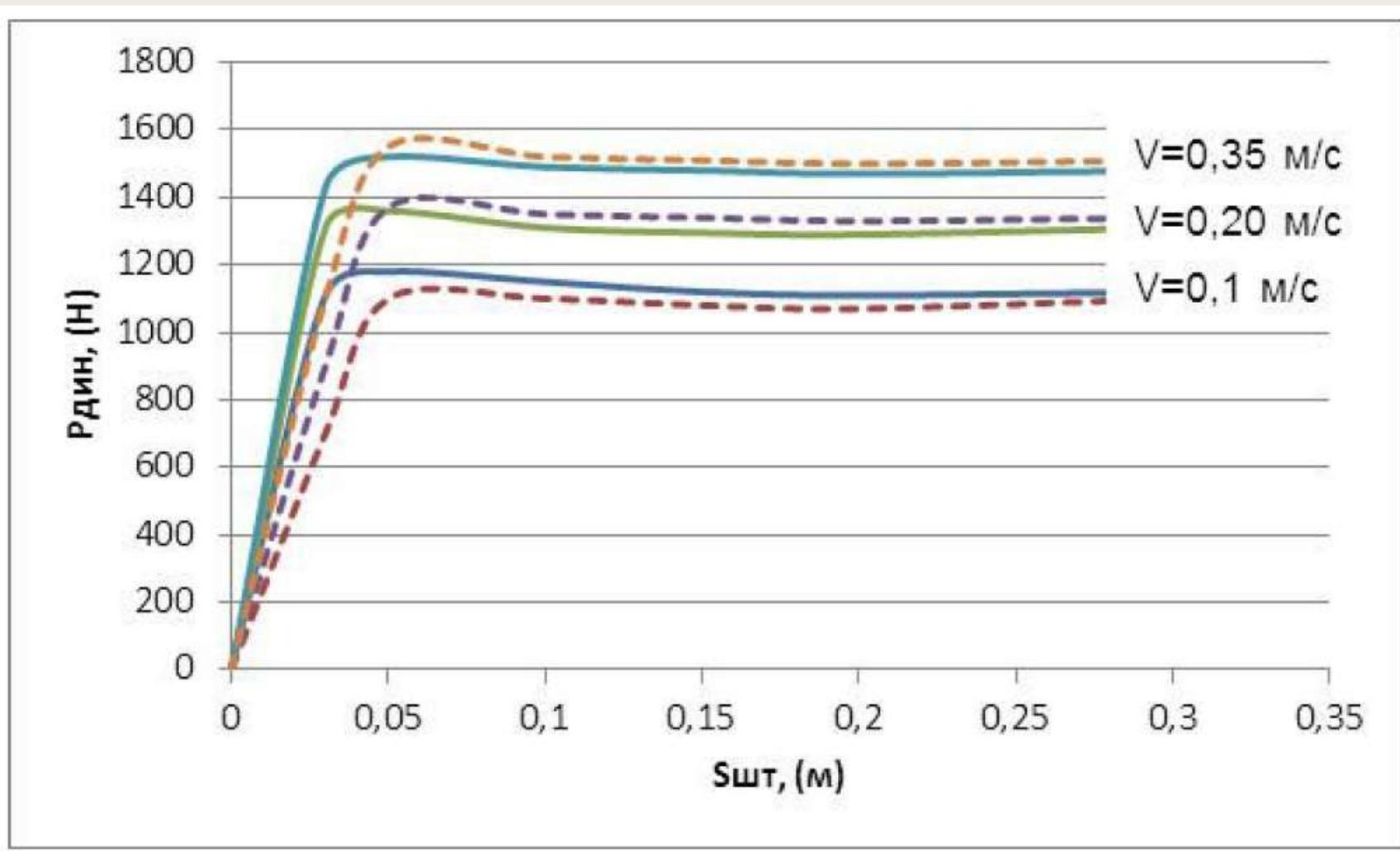
# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ОРГАНА



# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ОРГАНА



# ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОТ ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ОПУСКАНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА



- - результаты теоретических данных; -- - результаты экспериментальных данных

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

НИР запланирована на 2 года (2022-2023 гг.) и в полном объеме выполнена соблюдением утвержденного календарного плана с получением результатов:

1. Даны результаты глубокого анализа по обоснованию актуальности разработки и создания инновационной конструкции одноковшового фронтального погрузчика с указанием недостатков действующих погрузчиков и достоинства предлагаемой конструкции с классификационными характеристиками.

2. Подчеркнуты основные причины частых поломок механизмов и узлов, эксплуатируемых в настоящее время на полевых условиях с указанием путей и методов их устранения.

3. Рассмотрены пути и возможности уменьшения простоев машин непосредственно на производственных площадках через коэффициент использования по времени КВ. Эффективность несколько раз повышается, если учесть затраты на транспортировку к местам работы, в данном случае бульдозера, их содержание на полевых условиях, дополнительные затрачиваемые горюче-смазочные материалы бульдозерному оборудованию, затраты на зарплату машиниста-оператора, а также других командировочных расходов.

4. Приведены расчеты с указанием основных характеристик материала и в результате получены предварительные числовые данные. Указанные методики решения задач по определению некоторых параметров дает возможность широко использовать при программном обеспечении вычислительного процесса.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

5. Известные значения скоростей точек К, А, В, D, кроме вышеизложенного, способствуют решению динамических задач простым способом, приведением масс, моментов инерции, сил и моментов сил и других динамических величин к заранее обусловленному месту, а также легко определяются величины передаточных чисел между ведущими и ведомыми звеньями, т.е. зная передаточное число механизма, можно определить искомые усилия, либо движущую силу РД на штоков гидроцилиндров подъема и опускания, если известно сопротивления подъема и опускания, либо наоборот, если известна величина РД. На рис.2.14 не приведены рычаги механизма управления ковшом, соответственно скорости движения точек звеньев также не рассмотрены.

6. Результат глубокого анализа конструкций традиционных бульдозерных оборудований и одноковшовых погрузчиков показали, что при разработке и создании погрузчика многоцелевого назначения с трансформирующимся рабочим органом, необходимо учитывать выявленные недостатки по конструкции, а также учитывать степени взаимозаменяемости традиционных рабочих органов, подлежащие к трансформированию для выполнения заданного определённого технологического процесса, т.е. необходимо учитывать функциональные совмещаемости.

7. Разработана методика проведения экспериментальных исследований с планированием эксперимента.

8. Разработаны рабочие чертежи и изготовлен физический модель многоцелевого трансформирующегося рабочего оборудования одноковшового фронтального погрузчика с установкой на лабораторном стенде.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

9. Разработана и дополнена гидравлическая схема лабораторного стенда с установкой гидравлического элемента, регулирующей расход жидкости по определённому сечению рукавов высокого давления (дроссельная заслонка).

10. Получены результаты в виде графического изображения движущих усилий в гидроцилиндрах подъема и опускания рабочего оборудования в зависимости от скорости движения штоков гидроцилиндров, которые в дальнейшем можно использовать при оптимизации мест шарнирных соединений цилиндрических частей гидроцилиндров подъема и опускания с корпусом с целью уменьшения величины движущихся усилий (РДВ).

11. Получено 1 авторское свидетельство Кыргызпатента, опубликованы 6 научных статей, в т.ч. 3 научные статьи в системе Scopus, 3 - в научных журналах РИНЦ с ненулевым импакт-фактором, а также подготовлена заявка для подачи на получения патента на изобретение Евразийского Патентного Ведомства. Во время выполнения НИР постоянно участвовали в работах разных МНПК с докладами и презентациями.

Руководителю НИР К.Исакову был вручен Золотая медаль Евразийской патентной организации им. В. И. Блинникова за вклад в развитие изобретательской деятельности (№106, апрель, 2023 г.).

В будущем в Кыргызстане можно изготовить рабочее оборудование, **стоимость которого может быть намного ниже** чем у других зарубежных компаний.

# РЕУЗЛЪТАТЫ И ДОСТИЖЕНИЯ



Приложения численных методов решения задачи многофункциональных работ дорожно-строительных машин в системах нелинейных уравнений с обобщенными координатами.  
Авторское свидетельство Кыргызпатента, №4946, 29.08.2022.  
Авт.: Исаков К., Токтаунов Т., Осмонов К.Т., Канатова А.Б.



Золотая медаль Евразийской патентной организации им. В. И. Блинникова за вклад в развитие изобретательской деятельности (№106, апрель, 2023 г.)

# **ОПУБЛИКОВАННЫЕ НАУЧНЫЕ СТАТЬИ**

## **в системе Scopus**

1. Isakov K., N.Madanbekov, A.Altymbaev, A.Chopoev, Ch.Omurbekov. The methods for determining in practice weight and mass of working equipment of a loader-bulldozer with a transforming working body [Text] // X International Scientific Siberian Transport Forum. Volume/Issue 63C, Transportation Research Procedia 63C (2022). -pp. 759-768.

2. K.Isakov, N.Madanbekov, A.Altymbaev, A.Chopoev, Ch.Omurbekov. Optimization method for the drive of a multipurpose single-bucket loader with a transforming working body [Text] // International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, E3S Web Conf., Vol. 402, 10012 (2023).

3. K.Isakov, T.Toktakunov, K.Osmonov, A.Altymbaev. Investigation of the problem of multifunctional work of a bulldozer-loader by reducing the mathematical model to pairwise nested numerical methods [Text] // BFT 2023 - International Scientific Conference (Saint-Petersburg, Russia, September 19 - 21, 2023) E3S Web Conf., (2023).

## **в научных журналах РИНЦ с ненулевым импакт-фактором**

1. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Бейшеналиев А.А. Особенности горных дорог и технологических процессов, выполняемые при их содержании, ремонта и строительства. Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 2 (76). -Б., 2022. -С.568-574.

2. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Омурбеков Ч.О. Кинематический анализ конструкций одноковшового погрузчика с трансформирующимся рабочим органом Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 2 (76). -Б., 2022. .С.646-651.

3. Исаков К., Токтакунов Т., Осмонов К.Т., Канатова А.Б. Приложения численных методов решения задачи многофункциональных работ дорожно-строительных машин в системах нелинейных уравнений с обобщенными координатами [Текст] // Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 4 (78). -Б., 2022. С.1481-1491. и/ф – 0,178.

# ДОКЛАДЫ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ

**1. Доклад в работе МНПК «Строительная наука и образование: интеграция вузовской науки в устойчивое инновационное развитие страны», Секция 5. Строительные и транспортно-технологические машины, дорожное строительство и мостовые сооружения, проблемы и пути решения, Бишкек, 28.05.2022 г., КГУСТА:**

1.1. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Бейшеналиев А.А. Особенности горных дорог и технологических процессов, выполняемые при их содержании, ремонта и строительства. Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 2 (76). -Б., 2022. -С.568-574.

1.2. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Омурбеков Ч.О. Кинематический анализ конструкций одноковшового погрузчика с трансформирующимся рабочим органом Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 2 (76). -Б., 2022. .С.646-651.

**2. Доклад в работе МНПК «Роль науки и инновационных технологий в устойчивом развитии горных территорий и экосистем», Секция 2. инженерно-технические и инновационные технологии по развитию горных –экосистем, Бишкек, 27-28.10.2022 г., КГУСТА, организованная в рамках реализации указа Президента Кыргызской Республики от 31 января 2022 года «Об объявлении 2022 года Годом защиты горных экосистем и климатической устойчивости» в КГТУ им. И Раззакова:**

2.1. Исаков К., Токтакунов Т., Осмонов К.Т., Канатова А.Б. Приложения численных методов решения задачи многофункциональных работ дорожно-строительных машин в системах нелинейных уравнений с обобщенными координатами [Текст] // Вестник КГУСТА 2022, Т.2, № 4 (78). -Б., 2022. С.1481-1491. и/ф – 0,178

2.2. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Омурбеков Ч.О. Особенности строительства, ремонта и содержания высокогорных автомобильных дорог.

**3. Презентация в работе МНПК «Современные тренды в строительстве: проблемы и пути их решения», посвященная 80-летию выдающегося общественного и государственного деятеля КР Н.Исанова, Секция 2. инженерно-технические и инновационные технологии по развитию горных –экосистем, Бишкек, 02-03.11.2023 г., КГТУ им. И Раззакова:**

3.1. Исаков К., Алтыбаев А.Ш., Омурбеков Ч.О. Метод оптимизации привода многоцелевого одноковшового погрузчика с трансформирующимся рабочим органом.

Спасибо за  
внимание!!!