

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»



**Пред
мет:**

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**7.
Лекция**

Основы расчета
одноковшового
гидравлического экскаватора.

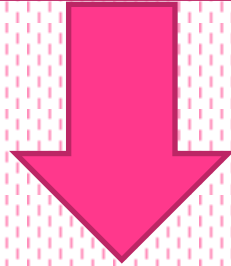


**УСМАНОВ НАИЛЬ
КАЮМОВИЧ**

Доц. Кафедры Механизация
гидромелиоративных работ.



ПЛАН ЗАНЯТИЯ:



1

Расчет конструктивной массы экскаватора

2

Расчет основных параметров экскаватора

3

Определение технической производительности

1. РАСЧЕТ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

Из всех основных видов сменного рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов с гидравлическим приводом (обратной и прямой лопаты, грейфера, погрузочной лопаты и т.д.) чаще всего применяют рабочее оборудование обратной лопаты. Этот вид рабочего оборудования характеризуется большим числом совмещаемых операций в цикле и более тяжелым нагружением привода.

Для гидравлического экскаватора рабочее оборудование обратной лопаты следует считать расчетным видом оборудования, определяющим места крепления всех видов оборудования на поворотной платформе и мощность привода исполнительных механизмов.

1. При расчете рабочего оборудования экскаваторов находят длину стрелы l_c и рукояти l_p , радиус ковша R , координаты пяты стрелы X и Y (рис.1)

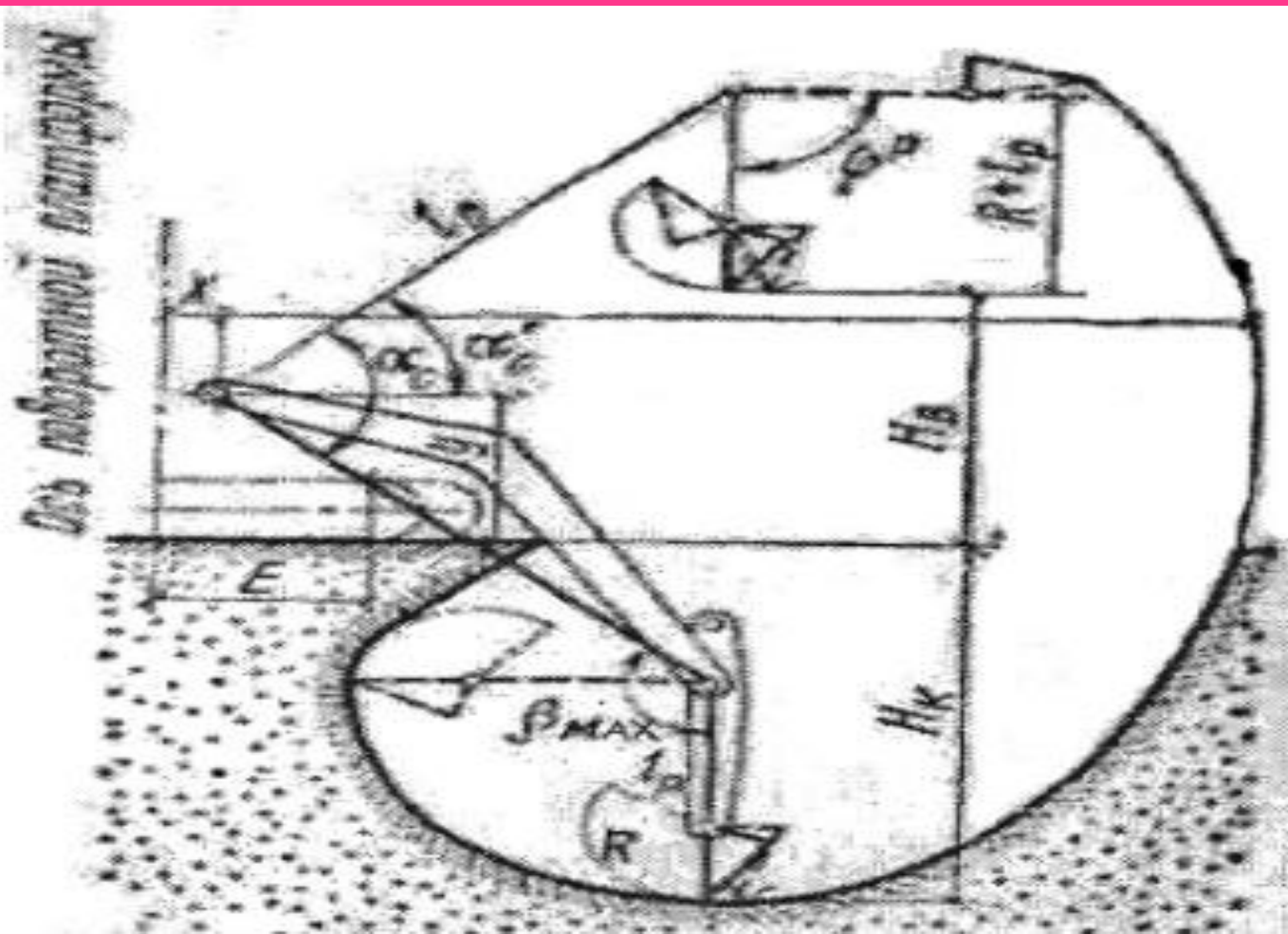


Рис. 1. Схема к определению параметров оборудования обратной лопаты

Размеры элементов рабочего оборудования должны соответствовать заданным предельным рабочим параметрам экскаватора - максимальной глубине копания H_k и максимальной высоте выгрузки H_v при опущенной рукояти.

Между H_k и H_v существует зависимость:

$$H_v = H_k \cdot b \cdot k_p,$$

где b – ширина ковша;
 k_p – коэффициент разрыхления грунта.
Длина стрелы

$$l_c \approx \frac{(H_k + H_v)}{2 \sin \frac{\alpha_c}{2}},$$

где α_c – угол поворота стрелы.

Рекомендуемые углы поворота стрелы $\alpha_c = 90 - 95^\circ$

Рекомендуемые углы поворота стрелы $\alpha_c = 90 - 95^\circ$.

Длину рукояти l_p с ковшом R следует считать равной пути наполнения ковша L_k , т. е. $L_k = R + l_p$.

Путь наполнения ковша обратной лопаты

$$L_k \approx 1,55 \cdot \sqrt[4]{m},$$

где m – масса экскаватора, т.

Расстояние Y от оси поворота стрелы до уровня стоянки машины:

$$Y = R + l_p + H_{\theta} - l_c \sin \alpha_c'.$$

При $\alpha_c = 90^\circ$ и $\alpha_c' \approx \alpha_c/2$ получим

$$l_c = 0,71(H_k + H_{\theta}),$$

то есть

$$Y = R + l_p - 0,5(H_k - H_{\theta}).$$

Расстояние X , т.е. расстояние оси крепления стрелы относительно оси поворотной платформы, находим по формуле

$$X = E + R + l_p - 0,71l_c,$$

где E – половина базы машины.

Радиус приложения сил на кромке ковша R находим из соотношения, связывающего объем ковша q и его ширину b :

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{q}{b}},$$

где $b = 1,7 \sqrt[3]{q} - 0,5$.

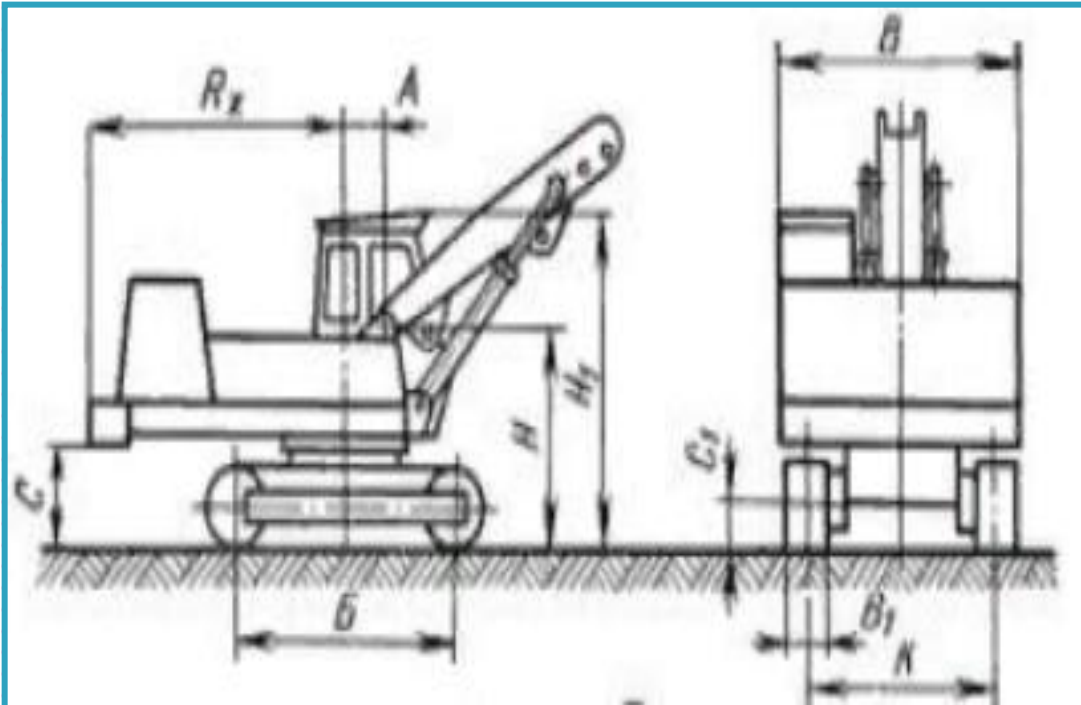
Для определения предварительных параметров рабочего оборудования Н.Г. Домбровский рекомендует пользоваться значениями коэффициентов пропорциональности K_i .

2. Расчет конструктивной массы экскаватора одноковшового гидравлического

$$m = m_{y\partial} \cdot q$$

где: $m_{y\partial}$ – удельная масса экскаватора, приходящаяся на 1 м³ вместимости ковша;
 $m_{y\partial} = 29,5 \text{ т/м}^3$.

3.1. Габаритные размеры экскаватора, м:



Значения отдельных параметров A_i определяют следующей зависимостью:

$$A_i = K_i \cdot \sqrt[3]{m}$$

Значения коэффициента пропорциональности K_i для выбора основных параметров гидравлических экскаваторов

Наименование параметров	Параметры по группам мощности					
	малой				средней	большой
1	2	3	4	5	6	7
<i>Общие данные</i>						
Масса экскаватора m , т	2 – 5	6 – 15	20 – 40	45 – 50	60 – 90	110 – 200
Вместимость ковша обратной лопаты q , м ³	0,02 – 0,2	0,3 – 0,6	0,4 – 1,8	0,8 – 2,5	1,2 – 3,5	2,5 – 12,0
То же погрузочной лопаты q , м ³	0,03 – 0,3	0,4 – 0,8	0,8 – 3,5	1,6 – 4,5	2,5 – 7,0	5,0 – 20,0
Мощность привода N , кВт	10 – 30	35 – 65	80 – 170	190 – 220	260 – 380	500 – 800
<i>Габариты, м</i>	<i>Значения K_i</i>					
Длина стрелы обратной лопаты l_c	2,47 – 2,5	1,6 – 1,8	1,9 – 2,0	1,9 – 1,95	1,9 – 1,95	1,47 – 1,87
То же погрузчика l_c	1,33 – 1,35	0,8 – 0,9	1,0 – 1,1	0,85 – 0,90	0,7 – 1,0	0,69 – 0,97
Длина рукояти погрузчика l_p	1,65 – 0,71	0,8 – 0,9	1,0 – 1,1	0,85 – 1,00	0,7 – 1,0	0,7 – 0,97
Длина рукояти обратной лопаты l_p	1,33 – 1,35	0,7 – 1,22	0,9 – 1,0	1,0 – 1,1	1,0 – 1,1	0,77 – 0,97
Длина наголовника грейфера l_n	1,35 – 1,37	0,75 – 1,25	0,95 – 1,1	1,05	1,05	–
Длина гусеницы l_g	1,49 – 1,50	1,33 – 1,49	1,4 – 1,5	1,35 – 1,4	1,37 – 1,4	1,2 – 1,31
Ширина хода B	0,95 – 1,1	1,15 – 1,25	1,1 – 1,2	1,05 – 1,1	1,05 – 1,1	0,73 – 0,99
Ширина звена b_z	0,25 – 0,3	0,21 – 0,36	0,15 – 0,25	0,16 – 0,25	0,14 – 0,22	0,11 – 0,2
Высота гусеницы h_g	0,33 – 0,35	0,3 – 0,35	0,29 – 0,3	0,29 – 0,3	0,29 – 0,3	0,35 – 0,39
Радиус платформы r	0,91 – 0,94	0,95 – 0,98	0,97 – 0,98	0,97 – 0,98	0,95 – 0,96	0,93 – 0,98
Высота кабины от земли h_k	1,64 – 1,7	1,45 – 1,5	1,0 – 1,2	0,95 – 1,0	0,95 – 0,97	1,0 – 1,1

1	2	3	4	5	6	7
Высота капота от земли $h_{кз}$	0,85 – 0,9	0,9 – 1,0	0,8 – 0,85	0,75 – 0,8	0,72 – 0,75	0,75 – 0,76
<i>Рабочие размеры обратной лопаты, м</i>						
Высота копания H_k	2,95 – 3,0	2,95 – 3,4	2,7 – 3,0	2,6 – 2,9	2,7 – 2,9	2,7 – 3,0
Радиус копания R_k	3,9 – 4,0	3,1 – 3,5	3,0 – 3,3	2,9 – 3,0	3,0 – 3,1	2,7 – 3,3
Высота выгрузки H_v	1,85 – 1,9	2,2 – 2,5	1,9 – 2,3	1,8 – 2,0	2,0 – 2,2	2,2 – 2,8
Радиус выгрузки R_v	3,4 – 3,5	3,5 – 3,6	2,7 – 3,0	2,3 – 2,4	2,8 – 2,9	1,8 – 2,4
Глубина копания H_z	2,1 – 2,2	2,08 – 2,2	1,8 – 2,1	1,7 – 1,85	1,9 – 2,0	1,65 – 1,85
<i>Рабочие размеры погрузочной лопаты, м</i>						
Высота копания H_k	2,1 – 2,3	2,6 – 2,8	2,4 – 2,6	2,4 – 2,6	2,6 – 2,7	2,5 – 2,6
Радиус копания R_k	2,2 – 2,4	3,0 – 3,5	2,3 – 2,4	2,3 – 2,5	2,5 – 2,6	2,3 – 2,4
Высота выгрузки H_v	1,7 – 1,9	2,0 – 2,2	1,8 – 2,0	1,8 – 2,0	1,8 – 2,2	1,1 – 1,9
Радиус выгрузки R_v	2,0 – 2,1	2,0 – 2,1	1,0 – 1,15	1,0 – 1,3	1,2 – 1,6	1,0 – 1,4
Глубина копания H_z	1,9 – 2,0	0,7 – 0,9	0,7 – 0,9	0,75 – 0,9	0,75 – 0,92	0,45 – 0,85

3.3. Размеры ковша обратной лопаты, м:

$$A_{кк} = K_i \cdot \sqrt[3]{q}$$

где: $A_{кк}$ – размеры сторон ковша, м;

K_i – коэффициент пропорциональности принимается из табл.3.

3.4. Вместимость ковша обратной лопаты экскаватора, q , м

$$q = 0,87 \cdot \underline{b}_к \cdot \underline{l}_к \cdot h_к$$

где: 0,87 – коэффициент, учитывающий отклонение формы ковша от формы параллелепипеда

Таблица 3. Значения коэффициента пропорциональности в зависимости от объема ковша

<u>№</u> <u>пп</u>	Наименование показателей	Буквенное обозначение	Коэффициент пропорциональности
1	Ширина режущей кромки ковша	$B_к$	1,2
2	Высота ковша	$H_к$	1,1
3	Длина ковша	$L_к$	0,9

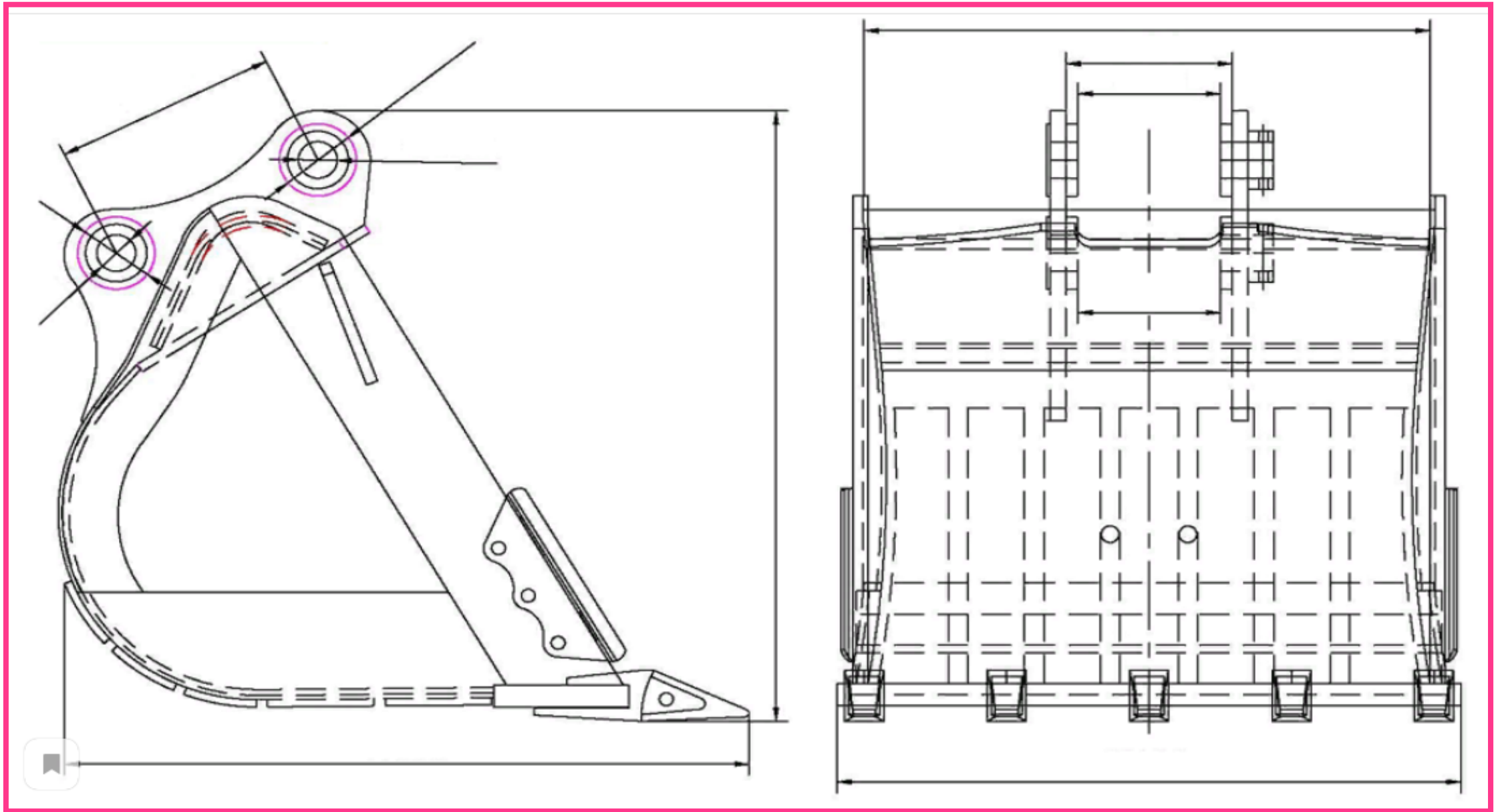


Рис.3. Ковш экскаватора

4. Определение сил тяжести агрегатов и рабочего оборудования гидравлических экскаваторов

4.1. Сила тяжести поворотной платформы с силовым оборудованием и кабиной управления, $G_{пп}$, кН:

$$G_{пп} = (0,32-0,35) m g$$

4.2. Сила тяжести ходового оборудования, $G_{хо}$, кН:

$$G_{хо} = (0,38-0,40) m g$$

большее значение для гусеничного хода.

4.3. Сила тяжести рабочего оборудования, $G_{ро}$, кН:

$$G_{ро} = (0,27-0,29) m g$$

4.4. Сила тяжести стрелы с гидроцилиндром рукояти, G_c , кН:

$$G_c = 0,5 \cdot G_{ро}$$

4.5. Сила тяжести стандартной рукояти с гидроцилиндром ковша, G_p , кН:

$$G_p = (0,3-0,28) \cdot G_{ро}$$

4.6. Сила тяжести ковша обратной лопаты, $G_{кл}$, кН:

$$G_{кл} = (0,2-0,22) \cdot G_{ро}$$

4.7. Сила тяжести ковша погрузчика, $G_{кп}$, кН:

$$G_{кп} = (0,33-0,35) \cdot G_{ро}$$

4.8. Сила тяжести гидроцилиндров, $G_{гс}$, кН:

$$G_{гс} = (,08-0,1) \cdot G_c$$

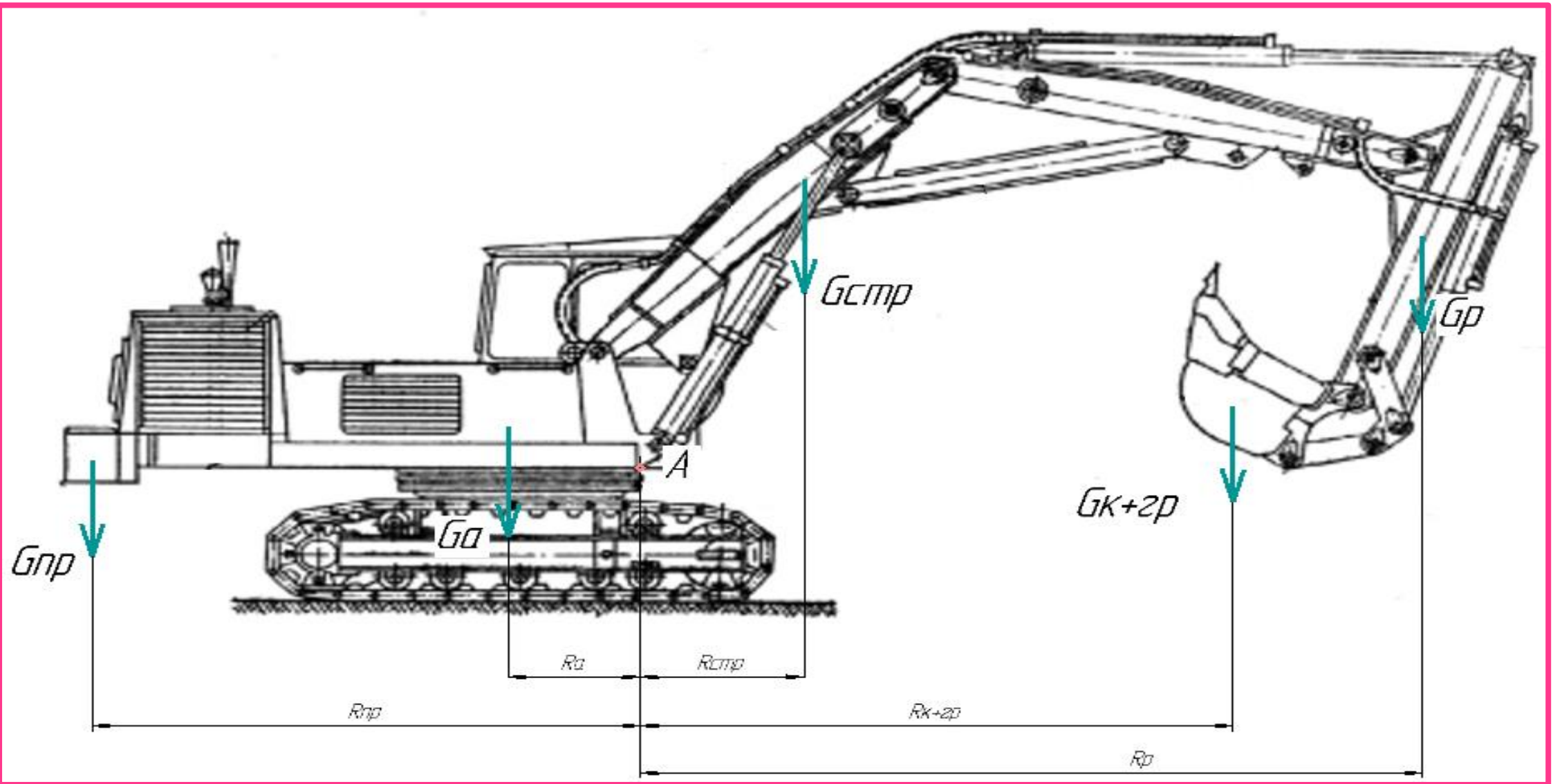
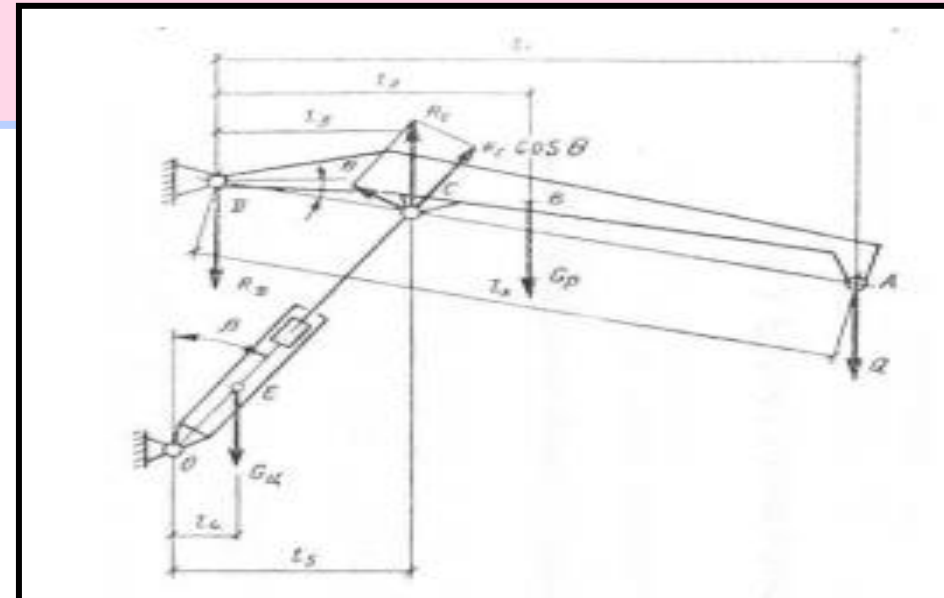


Рис.4.Схема к расчету силы тяжести агрегатов и рабочего оборудования экскаватора

1.2. Расчет рабочего оборудования

Рабочее оборудование экскаватора включает стрелу, рукоять и ковш с гидроцилиндрами. Кинематическая схема гидравлического механизма рукояти экскаватора приведена на рисунке 2. Гидроцилиндр рукояти шарнирно прикреплен к стреле в точке O . Шток гидроцилиндра прикреплен к рукояти в точке C . Рукоять соединена со стрелой в точке D . В конце рукояти, в точке A , приложена внешняя нагрузка Q . Вес рукояти G_p приложен к центру тяжести рукояти в точке B . Вес гидроцилиндра со штоком $G_{ц}$ приложен в точке E



Рукоять экскаватора рассматриваем как балку длиной L_4 , опирающуюся в точках D и C, тогда:

$$G_{ц0} = G_{ц} (L_5 - L_4) / L_5;$$

$$G_{ц0} = G_{ц} L_4 / L_5$$

Реактивные силы, возникающие от веса рукояти G_p и от внешней силы Q в точках D и C, определяются следующим образом:

$$R_C = (G_p L_2 + Q L_1) / L_3 \text{ и } R_D = [G_p (L_2 - L_3) + Q (L_1 - L_3)] / L_3 .$$

Зная действующие нагрузки и углы расположения отдельных элементов рабочего оборудования, можно определить силы, возникающие в этих элементах, в продольном и поперечном направлениях.

Усилие, сжимающее шатун гидроцилиндра рукояти, в данном случае (рис. 2) определяется по формуле

$$P_{ш} = \cos\theta(G_p \cdot L_2 + Q \cdot L_1) / L_3.$$

Общее усилие, передаваемое от рукояти и веса гидроцилиндра, действующее в точке O по направлению оси гидроцилиндра:

$$P_{ц} = G_{ц} \cdot \cos\beta + \cos\theta(G_p \cdot L_2 + Q \cdot L_1) / L_3.$$

Основными задачами расчета рабочего оборудования гидравлического экскаватора являются определение усилий на режущей кромке ковша, а также нагрузок на рабочем оборудовании.

Необходимое касательное усилие, H , на режущей кромке определяется по формуле

$$P_k = K \cdot v \cdot H = K \cdot F,$$

где v - ширина срезаемой стружки;

H - толщина срезаемой стружки м.;

F - площадь поперечного сечения срезаемой стружки;

K - удельная энергоемкость копания грунта.

Значение удельной энергоемкости копания грунта K принимают по ГОСТ-17343-71 в зависимости от категории копаемого грунта.

Для одноковшового экскаватора принимают следующие значения K :

для грунтов 1 категории $1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{м}^3$;

для грунтов 2 категории $2 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{м}^3$;

для грунтов 3 категории $3 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{м}^3$;

для грунтов 4 категории $4 \cdot 10^5 - 6 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{м}^3$.

Исходя из равенства объема ковша и снимаемой стружки, имеем:

$$g_k \cdot k_H = l_{\text{коп}} F \cdot k_p,$$

где g_k - объем ковша, м³;

k_H - коэффициент наполнения ковша грунтом;

k_p - коэффициент разрыхления грунта;

$l_{\text{коп}}$ - путь копания, м.

Откуда площадь поперечного сечения снимаемой стружки

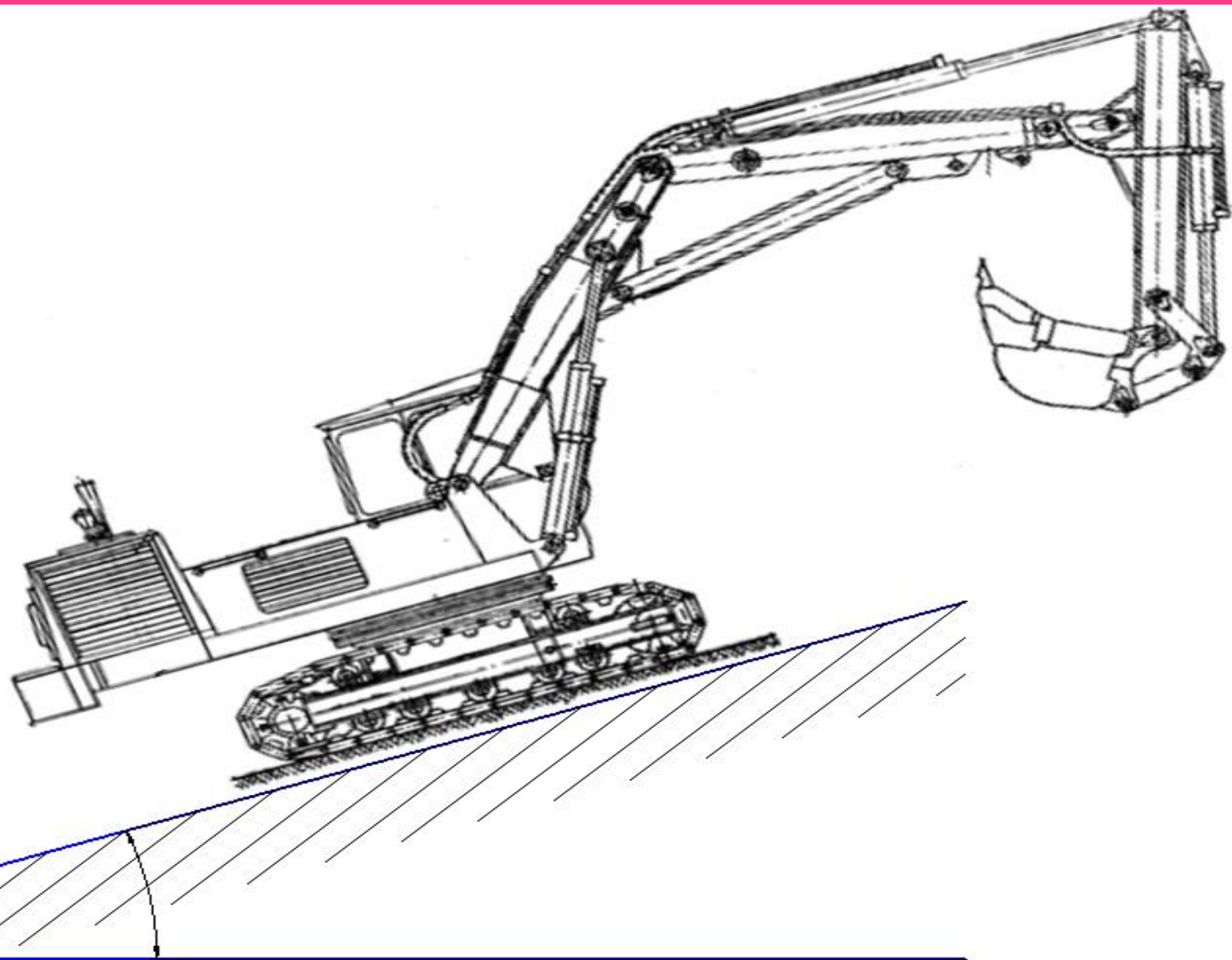
$$F = g_k \cdot k_H / (l_{\text{коп}} \cdot k_p) .$$

Путь копания в зависимости от принятой схемы копания определяется по формулам:

- для копания поворотом рукояти $l_{\text{коп}} = \pi \cdot \rho \cdot \beta_p / 180, \text{ м}$

- для копания поворотом ковша $l_{\text{коп}} = \pi \cdot r_{p.k} \cdot \beta_k / 180, \text{ м.}$

где ρ - плечо действия силы P_1 относительно точки В (рис. 3), м;
 $r_{p.k}$ - плечо действия силы P_k относительно точки C_1 (рис. 4), м;
 β_p, β_k - угол поворота рукояти и ковша соответственно, град.



5. Сопротивления передвижению возникают, как внутри самого механизма передвижения, так и за счёт внешних сил:

$$\sum W = W_{\text{вн}} + W_{\text{вн\&ш}}$$

Внешнее сопротивление определяется

$$W_{\text{вн\&ш}} = W_1 + W_2 + W_3,$$

где W_1 --сопротивление от сил инерции (на трогание и разгон).

W_2 --сопротивление передвижению гусеничной тележки;

W_3 --сопротивление от продления уклонов.

$$W_1 = \frac{G_э \cdot V_{\text{пер}}}{g \cdot t_p},$$

где G – общий вес экскаватора,

V – скорость передвижения экскаватора, м/с,

t – время разгона экскаватора, $t = 5$ с.

$$W_2 = G \cdot f,$$

где f – коэффициент трения механизма передвижения, $f = 0,15$

$$W_3 = G \cdot i,$$

где i – уклон, $i = \text{tg} \alpha = 0,2$

$$W_{\text{внеш}} = G_{\text{э}} \cdot \left(\frac{V_{\text{пер}}}{g \cdot t_p} + f + i \right),$$

$$W_{\text{вн}} = 0.2 W_{\text{внеш}}.$$



6. Мощность на передвижение:

$$N_{перед} = \frac{\sum W \cdot V_{пер}}{\eta_{пер}} = \frac{1,2 W_{внеш} \cdot V_{пер}}{\eta_{пер}} = \frac{G_{э} \cdot \left(\frac{V_{пер}}{g \cdot t_p} + f + i \right) \cdot V_{пер}}{\eta_{пер}},$$



7. Определение технической производительности, Π_T , м³/ч

$$\Pi_T = \frac{3600}{T_{ц}} \cdot q \cdot \frac{K_H}{K_p}$$

где: q – вместимость ковша, табл.1;

K_H , K_p – соответственно коэффициенты наполнения ковша и разрыхления грунта; K_p принимается по таблице №3; $K_H = 1,15-1,25$; $1,05-0,1$; $1,1-1,5$; $0,75-1,45$ соответственно для грунтов I, II, III, IV категорий.

$T_{ц}$ – время одного цикла;

$$T_{ц} = t_k + t_{пв} + t_{в} + t_{пз}$$

где: t_k , $t_{пв}$, t_v , $t_{кпз}$ – соответственно время затрачиваемое на копание, поворот на выгрузку, выгрузку и поворот в забой.



$$t_i = K_i \cdot \sqrt[3]{m}$$

;

K_i – принимается из табл.4.

Таблица 4. Значение коэффициента пропорциональности в зависимости от массы

Наименование операции	Масса экскаватора			
	6	12	20	30
	<i>K_i</i>			
Копание	1,79	1,76	1,67	1,68
Поворот на выгрузку	1,65	1,72	1,56	1,36
Выгрузка	1,85	1,97	1,81	1,82
Поворот в забой	1,21	1,36	1,26	1,34
Продолжительность цикла	6,60	6,81	6,30	6,25

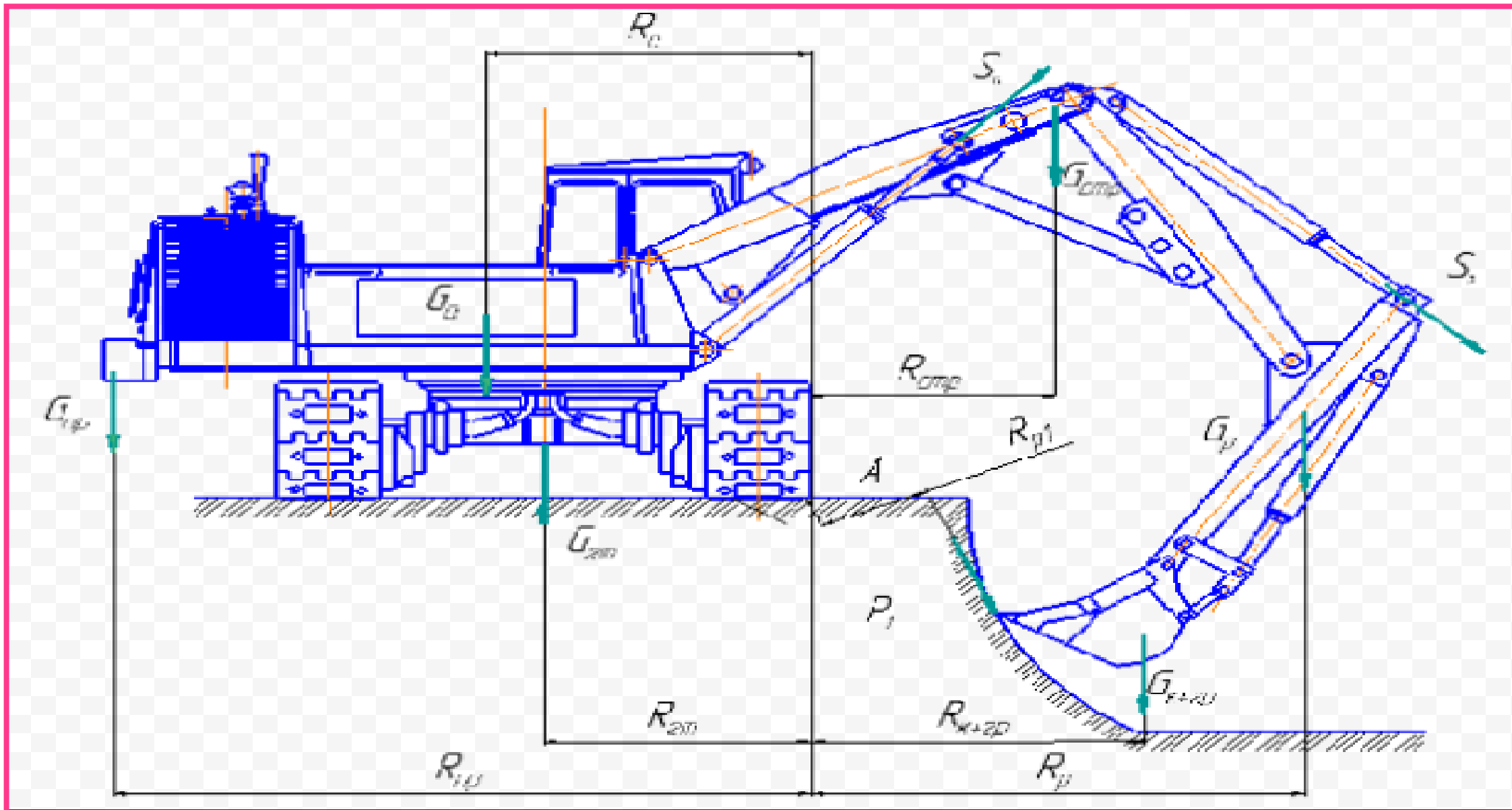


Рис.6. Расчетная схема устойчивости экскаватора при копании грунта

8. Статический расчет экскаватора

Задача статического расчета является определение условий устойчивости экскаватора и давлений на грунт при копании. Устойчивость экскаваторов проверяется при выполнении рабочей операции (рис. 6). Ее оценивают коэффициентом устойчивости K_y , определяемым по формуле:

$$K_y = \frac{\sum M_y}{M_0}$$

где $\sum M_y$ – сумма моментов сил, удерживающих экскаватор от опрокидывания;

$\sum M_0$ – сумма моментов сил, опрокидывающих экскаватор.

Коэффициент рабочей устойчивости определяют из уравнения равновесия сил, действующих на машину относительно точки А (рис. 6).

Коэффициент устойчивости составляет 1,10...1,15.

Контрольные вопросы и задания

1. Что необходимо определить перед расчетом основных параметров экскаватора?
2. На основе какой методики проводится расчет основных параметров экскаватора?
3. Приведите основную формулу расчета параметров экскаватора.
4. Для чего ведется тяговой расчет экскаватора?
5. Что такое коэффициент K_H и его влияние на производительность экскаватора?
6. Для чего ведется статический расчет экскаватора?.

1. Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020—2030 годы. УП за № 6024 от 10. 07. 2020 г.
2. Домбровский Н. Г и др. Строительные машины. Учебник для вузов. М.,»Машиностроение»,1976. 391 с.
3. Суриков В. В. И др. Строительные машины для механизации мелиоративных работ. Учебник. Агропромиздат, 1991.–463 с.
4. Дьяков И. Ф. Строительные и дорожные и основы автоматизации. Учебное пособие. Ульяновск. УлГТУ, 2007.–516 с.
5. Огневчук В. Н. и др. Методические указания для выполнения практических работ. ТИИМСХ., 2019.–55 с.



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



videoplayback.mp4



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



УСМАНОВ НАИЛЬ
КАЮМОВИЧ

доц.кафедры Механизация
гидромелиоративных работ.



+ 998 71 237 1927



usmanov [@tiame.uz](mailto:usmanov@tiame.uz)



