

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Координаты шарниров крепления звеньев МН

по оси X

$$X01 := 0.415 \quad [\text{м}]$$

$$X03 := 0.250 \quad [\text{м}]$$

$$X05 := 0.135 \quad [\text{м}]$$

$$X07 := 0.415 \quad [\text{м}]$$

по оси Y

$$Y01 := 0.563 \quad [\text{м}]$$

$$Y03 := 1.112 \quad [\text{м}]$$

$$Y05 := 0.480 \quad [\text{м}]$$

$$Y07 := 0.895 \quad [\text{м}]$$

1.2 Длины звеньев механизма навески

$$L3 := 0.200 \quad [\text{м}]$$

$$L5 := 0.480 \quad [\text{м}]$$

$$L6 := 0.595 - 0.08 = 0.515 \quad [\text{м}]$$

$$L34 := 0.325 \quad [\text{м}]$$

$$L56 := 1.035 \quad [\text{м}]$$

$$\phi_{BD} := 22 \cdot \text{deg} \quad [\text{м}]$$

Предварительные длины регулируемых звеньев (раскосы и верхняя тяга)

$$L7 := 0.7 \quad [\text{м}] \quad L4 := 0.6 \quad [\text{м}]$$

1.3 Изменение обобщенной координаты

Крайние пределы изменения обобщенной координаты

$$S_{\min} := 0.420 \quad [\text{м}] \quad S_{\max} := 0.670 \quad [\text{м}]$$

Число рассчитываемых положений

$$N_{\text{pol}} := 10$$

Шаг изменения обобщенной координаты

$$\Delta S := \frac{S_{\max} - S_{\min}}{N_{\text{pol}} - 1} \quad [\text{м}]$$

Пределы изменения обобщенной координаты

$$S := S_{\min}, S_{\min} + \Delta S \dots S_{\max} \quad [\text{м}]$$

1.4 Параметры НМ

$$P6 := 27500 \quad [\text{Н}] \quad - \text{ вес НМ}$$

$$X6 := 0.857 \quad [\text{м}] \quad - \text{ координата ЦТ НМ по оси X}$$

$$Y6 := 0.156 \quad [\text{м}] \quad - \text{ координата ЦТ НМ по оси Y}$$

$$Y_{P56} := 0.4 \quad [\text{м}] \quad - \text{ расстояние от точки подвеса до линии условного горизонта}$$

$$\phi_{P6} := 90 \cdot \text{deg} \quad [\text{град}] \quad - \text{ угол наклона линии } Y_{P56} \text{ к оси X}$$

1.5 Параметры гидропривода МСХА

$\eta := 0.84$ - кпд гидравлической системы

$D_{gc} := 0.08$ [м] - диаметр поршня ГЦ

$P_{gc_max} := 17.5 \cdot 10^6$ [Па] - давление в гидросистеме

$k_{gc} := 2$ [м] - число ГЦ

1.6 Параметры МСХА

$a := 0.6$ [м] - расстояние от передних колес до ЦТ НМ

$b := 1.62$ [м] - расстояние от задних колес до противовесов

$L := 2.960$ [м] - база МСХА

$P_{гр} := 8000$ [Н] - вес противовесов МСХА

$P_{мсха} := 56000$ [Н] - вес МСХА

2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

На рисунке 2.1 приведена кинематическая схема МН

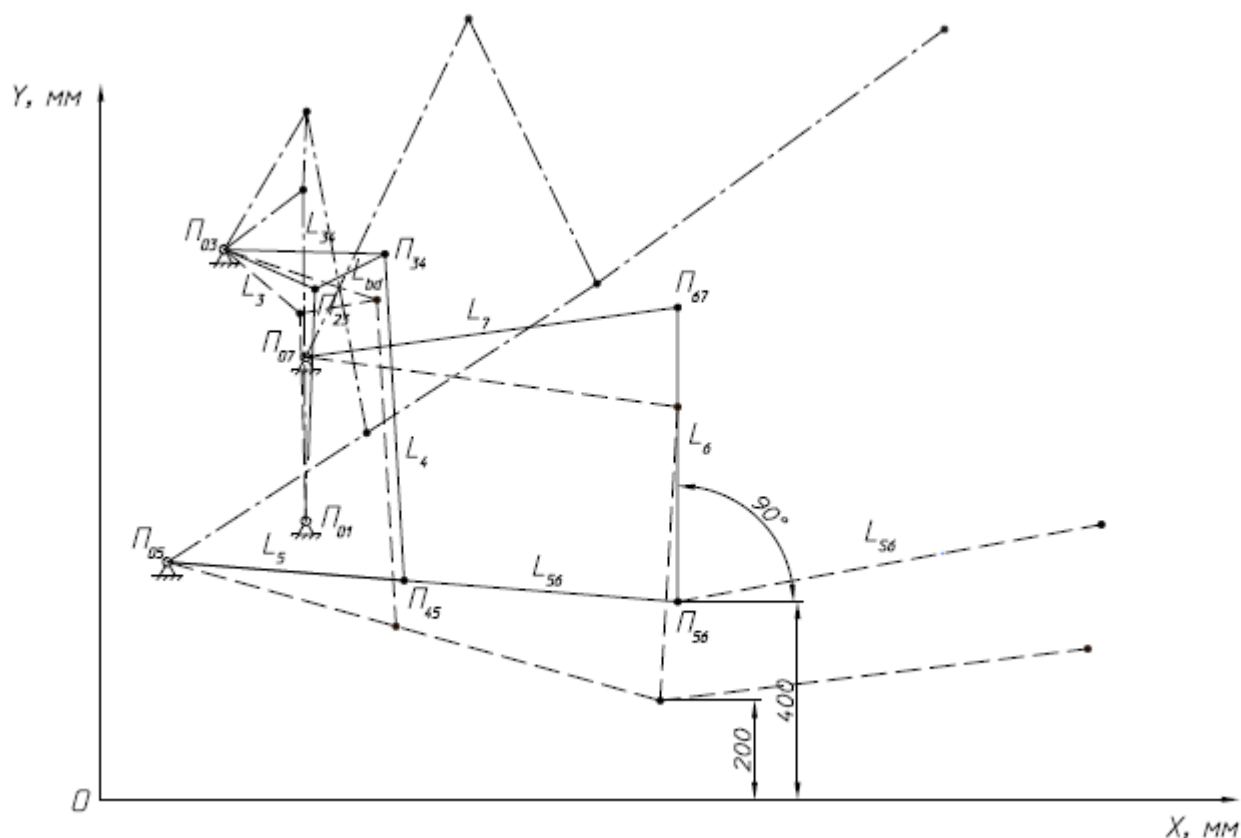


Рисунок 2.1 - Кинематическая схема МН

2.1 Анализ первой структурной группы

$$L_{13} := \sqrt{(X_{01} - X_{03})^2 + (Y_{01} - Y_{03})^2} = 0.573 \quad [\text{м}]$$

$$\phi_{13} := \operatorname{atan}\left(\frac{Y_{03} - Y_{01}}{X_{01} - X_{03}}\right) = 73.272 \cdot \text{deg} \quad [\text{град}]$$

$$\phi_3(S) := \operatorname{acos}\left(\frac{L_3^2 + L_{13}^2 - S^2}{2 \cdot L_3 \cdot L_{13}}\right) - \phi_{13}$$

$$\phi_{12}(S) := \phi_{13} - \operatorname{acos}\left(\frac{S^2 + L_{13}^2 - L_3^2}{2 \cdot S \cdot L_{13}}\right)$$

$$\phi_{34}(S) := \phi_3(S) + \phi_{BD}$$

Расчет положений точек

$$X_{34}(S) := X_{03} + L_{34} \cdot \cos(\phi_{34}(S)) \quad X_{23}(S) := X_{03} + L_3 \cdot \cos(\phi_3(S))$$

$$Y_{34}(S) := Y_{03} + L_{34} \cdot \sin(\phi_{34}(S)) \quad Y_{23}(S) := Y_{03} + L_3 \cdot \sin(\phi_3(S))$$

2.2 Анализ второй структурной группы

$$L_{35} := \sqrt{(X_{03} - X_{05})^2 + (Y_{03} - Y_{05})^2} = 0.642 \quad [\text{м}]$$

$$\delta_1 := \pi - \operatorname{acos}\left(\frac{X_{03} - X_{05}}{L_{35}}\right) = 100.313 \cdot \text{deg} \quad [\text{град}]$$

$$\phi_{341}(S) := \phi_{34}(S) + \delta_1$$

$$S_1(S) := \sqrt{L_{35}^2 + L_{34}^2 - 2 \cdot L_{35} \cdot L_{34} \cdot \cos(\phi_{341}(S))}$$

$$\phi_{S1}(S) := \operatorname{acos}\left(\frac{L_{35}^2 + S_1(S)^2 - L_{34}^2}{2 \cdot L_{35} \cdot S_1(S)}\right)$$

Вводим дополнительную переменную L_4 - длину расскоса, длину которой необходимо подобрать согласно исходным данным

$$\phi_{41}(S, L_4) := \operatorname{acos}\left(\frac{L_4^2 + S_1(S)^2 - L_5^2}{2 \cdot L_4 \cdot S_1(S)}\right) - \phi_{S1}(S)$$

$$\phi_{51}(S, L_4) := \pi - \operatorname{acos}\left(\frac{L_5^2 + S_1(S)^2 - L_4^2}{2 \cdot L_5 \cdot S_1(S)}\right) - \phi_{S1}(S)$$

$$\phi_4(S, L_4) := \phi_{41}(S, L_4) - \delta_1$$

$$\phi_5(S, L_4) := \phi_{51}(S, L_4) - \delta_1$$

Расчет положений точек

$$X_{45}(S, L_4) := X_{05} + L_5 \cdot \cos(\phi_5(S, L_4))$$

$$Y_{45}(S, L_4) := Y_{05} + L_5 \cdot \sin(\phi_5(S, L_4))$$

$$X56(S, L4) := X05 + L56 \cdot \cos(\phi5(S, L4))$$

$$Y56(S, L4) := Y05 + L56 \cdot \sin(\phi5(S, L4))$$

Подбираем длину раскоса МН, которая обеспечивает положение точки П56 над горизонтом на расстоянии 0.2 м для минимального хода поршня ГЦ

$$L4_0 := (L4 \cdot 0.1 + L4 \cdot 1.5) \cdot 0.5 = 0.480$$

Given

$$Y56(S_{min}, L4_0) = 0.2$$

$$L4 := \text{Find}(L4_0) = 0.6613 \quad [\text{м}] \quad \text{подобранная длина раскоса}$$

Переопределяем найденные выше параметры

$$X56(S) := X56(S, L4) \quad \phi5(S) := \phi5(S, L4) \quad X45(S) := X45(S, L4)$$

$$Y56(S) := Y56(S, L4) \quad \phi4(S) := \phi4(S, L4) \quad Y45(S) := Y45(S, L4)$$

Проверка

$$X34s(S) := X45(S) - L4 \cdot \cos(\phi4(S)) \quad X23s(S) := X01 + S \cdot \cos(\phi12(S))$$

$$Y34s(S) := Y45(S) - L4 \cdot \sin(\phi4(S)) \quad Y23s(S) := Y01 + S \cdot \sin(\phi12(S))$$

$$X45s(S) := X34(S) + L4 \cdot \cos(\phi4(S))$$

$$Y45s(S) := Y34(S) + L4 \cdot \sin(\phi4(S))$$

2.3 Анализ третьей структурной группы

$$L57 := \sqrt{(X07 - X05)^2 + (Y07 - Y05)^2} = 0.501 \quad [\text{м}]$$

$$\delta2 := \pi - \arccos\left(\frac{X07 - X05}{L57}\right) = 2.164$$

Вспомогательные переменные

$$L53(S) := \sqrt{(X07 - X56(S))^2 + (Y07 - Y56(S))^2}$$

$$\phi53(S) := \arccos\left(\frac{L53(S)^2 + L57^2 - L56^2}{2 \cdot L53(S) \cdot L57}\right)$$

Вводим дополнительную переменную L7 - длину верхней тяги, длину которой необходимо подобрать согласно исходным данным

$$\phi61(S, L7) := \pi - \arccos\left(\frac{L6^2 + L53(S)^2 - L7^2}{2 \cdot L6 \cdot L53(S)}\right) + \phi53(S)$$

$$\phi71(S, L7) := \arccos\left(\frac{L7^2 + L53(S)^2 - L6^2}{2 \cdot L7 \cdot L53(S)}\right) + \phi53(S)$$

$$\phi_6(S, L7) := \phi_{61}(S, L7) - \delta_2$$

$$\phi_7(S, L7) := \phi_{71}(S, L7) - \delta_2$$

$$X_{67}(S, L7) := X_{07} + L7 \cdot \cos(\phi_7(S, L7))$$

$$Y_{67}(S, L7) := Y_{07} + L7 \cdot \sin(\phi_7(S, L7))$$

Проверка

$$X_{67s}(S, L7) := X_{56}(S) + L6 \cdot \cos(\phi_6(S, L7))$$

$$Y_{67s}(S, L7) := Y_{56}(S) + L6 \cdot \sin(\phi_6(S, L7))$$

Определение хода ГЦ для рабочего положения НМ

$$S_p := 0.5 \cdot (S_{\max} + S_{\min})$$

Given

$$Y_{56}(S_p) = Y_{P56}$$

$$S_p := \text{Find}(S_p) = 0.4694 \quad [\text{м}] \quad \text{рабочий ход ГЦ}$$

Подбор длины верхней тяги, обеспечивающей величину угла $\phi_6(S)$ в соответствии с исходными данными

$$L7_0 := (L7 \cdot 0.1 + L7 \cdot 1.5) \cdot 0.5 = 0.560$$

Given

$$\phi_6(S_p, L7_0) = \phi_{P6}$$

$$L7 := \text{Find}(L7_0) = 0.7522 \quad [\text{м}] \quad \text{подобранная длина верхней тяги}$$

Переопределяем найденные выше параметры

$$\phi_7(S) := \phi_7(S, L7) \quad X_{67}(S) := X_{67}(S, L7) \quad X_{67s}(S) := X_{67s}(S, L7)$$

$$\phi_6(S) := \phi_6(S, L7) \quad Y_{67}(S) := Y_{67}(S, L7) \quad Y_{67s}(S) := Y_{67s}(S, L7)$$

Определение угла ϕ_{S6} , координат точки S_6 и длины вектора LS_6

$$LS_6 := \sqrt{X_6^2 + Y_6^2} = 0.871 \quad [\text{м}]$$

$$r_s := \sqrt{(X_6 - X_{67}(S_p))^2 + (Y_6 - Y_{67}(S_p))^2} = 0.820 \quad [\text{м}]$$

$$\phi_{S6} := 2 \cdot \pi + \text{atan}\left(\frac{Y_6}{X_6}\right) - \phi_6(S_p) = 280.317 \cdot \text{deg} \quad [\text{град}]$$

Определение положений точек

$$X_{S6}(S) := X_{56}(S) + LS_6 \cdot \cos(\phi_{S6} + \phi_6(S))$$

$$Y_{S6}(S) := Y_{56}(S) + LS_6 \cdot \sin(\phi_{S6} + \phi_6(S))$$

В таблице 2.1 и 2.2 приведены результаты геометрического анализа МН (координаты точек по осям X и Y, а также углы наклона звеньев)

Таблица 2.1 - Результаты геометрического анализа (углы наклона звеньев)

[м]	[град]	[град]	[град]	[град]	[град]	[град]
S =	$\frac{\phi_{34}(S)}{\text{deg}} =$	$\frac{\phi_{3}(S)}{\text{deg}} =$	$\frac{\phi_{4}(S)}{\text{deg}} =$	$\frac{\phi_{5}(S)}{\text{deg}} =$	$\frac{\phi_{6}(S)}{\text{deg}} =$	$\frac{\phi_{7}(S)}{\text{deg}} =$
0.420	-18.2	-40.2	-86.7	-15.7	88.5	-13.9
0.448	-8.4	-30.4	-86.8	-9.1	89.2	-4.8
0.476	0.3	-21.7	-86.6	-3.1	90.3	3.3
0.503	8.5	-13.5	-86.3	2.4	91.8	11.0
0.531	16.6	-5.4	-85.7	7.8	93.6	18.6
0.559	24.5	2.5	-85.1	13.0	95.9	26.1
0.587	32.6	10.6	-84.1	18.1	98.6	33.6
0.614	41.0	19.0	-83.0	23.2	101.9	41.2
0.642	49.7	27.7	-81.4	28.1	105.8	49.1
0.670	59.2	37.2	-79.4	33.0	110.3	57.0

Таблица 2.2 - Результаты геометрического анализа (координаты точек)

[м]	[м]	[м]	[м]	[м]	[м]	[м]
S =	X23(S) =	Y23(S) =	X23s(S) =	Y23s(S) =	X34(S) =	Y34(S) =
0.420	0.403	0.983	0.636	0.920	0.559	1.010
0.448	0.422	1.011	0.668	0.932	0.571	1.064
0.476	0.436	1.038	0.694	0.948	0.575	1.114
0.503	0.445	1.065	0.717	0.966	0.571	1.160
0.531	0.449	1.093	0.736	0.986	0.562	1.205
0.559	0.450	1.121	0.752	1.009	0.546	1.247
0.587	0.447	1.149	0.764	1.034	0.524	1.287
0.614	0.439	1.177	0.774	1.062	0.495	1.325
0.642	0.427	1.205	0.779	1.092	0.460	1.360
0.670	0.409	1.233	0.780	1.125	0.416	1.391

[м]	[м]	[м]	[м]	[м]	[м]	[м]
S =	X34s(S) =	Y34s(S) =	X45(S) =	Y45(S) =	X45s(S) =	Y45s(S) =
0.420	0.559	1.010	0.597	0.350	0.597	0.350
0.448	0.571	1.064	0.609	0.404	0.609	0.404
0.476	0.575	1.114	0.614	0.454	0.614	0.454
0.503	0.571	1.160	0.615	0.500	0.615	0.500
0.531	0.562	1.205	0.611	0.545	0.611	0.545
0.559	0.546	1.247	0.603	0.588	0.603	0.588
0.587	0.524	1.287	0.591	0.629	0.591	0.629
0.614	0.495	1.325	0.576	0.669	0.576	0.669
0.642	0.460	1.360	0.558	0.706	0.558	0.706
0.670	0.416	1.391	0.538	0.741	0.538	0.741

[M]	[M]	[M]	[M]	[M]	[M]	[M]
S =	X56(S) =	Y56(S) =	X67(S) =	Y67(S) =	X67s(S) =	Y67s(S) =
0.420	1.131	0.200	1.145	0.715	1.145	0.715
0.448	1.157	0.316	1.164	0.831	1.164	0.831
0.476	1.168	0.423	1.166	0.938	1.166	0.938
0.503	1.169	0.524	1.153	1.039	1.153	1.039
0.531	1.160	0.620	1.128	1.134	1.128	1.134
0.559	1.143	0.713	1.091	1.225	1.091	1.225
0.587	1.119	0.802	1.042	1.311	1.042	1.311
0.614	1.087	0.887	0.981	1.391	0.981	1.391
0.642	1.048	0.968	0.908	1.463	0.908	1.463
0.670	1.003	1.043	0.824	1.526	0.824	1.526

[M]	[M]	[M]
S =	XS6(S) =	YS6(S) =
0.420	1.992	0.333
0.448	2.016	0.460
0.476	2.025	0.583
0.503	2.021	0.706
0.531	2.006	0.830
0.559	1.98	0.956
0.587	1.943	1.084
0.614	1.893	1.216
0.642	1.83	1.351
0.670	1.753	1.487

3 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

3.1 Аналог угловой скорости поворотного рычага

Определение передаточных отношений

$$U_{43}(S) := \frac{L_{34} \cdot \sin(\phi_5(S) - \phi_{34}(S))}{L_4 \cdot \sin(\phi_4(S) - \phi_5(S))} \quad U_{53}(S) := \frac{L_{34} \cdot \sin(\phi_{34}(S) - \phi_4(S))}{L_5 \cdot \sin(\phi_5(S) - \phi_4(S))}$$

$$U_{65}(S) := \frac{L_{56} \cdot \sin(\phi_7(S) - \phi_5(S))}{L_6 \cdot \sin(\phi_6(S) - \phi_7(S))} \quad U_{75}(S) := \frac{L_{56} \cdot \sin(\phi_5(S) - \phi_6(S))}{L_7 \cdot \sin(\phi_7(S) - \phi_6(S))}$$

Определение аналогов угловых скоростей звеньев МН

$$d\phi_3(S) := \frac{2 \cdot S}{\sqrt{4 \cdot L_{13}^2 \cdot L_3^2 - (S^2 - L_{13}^2 - L_3^2)^2}}$$

$$\phi_{41}(S) := d\phi_3(S) \cdot U_{43}(S) \quad \phi_{61}(S) := d\phi_3(S) \cdot U_{65}(S) \cdot U_{53}(S)$$

$$\phi_{51}(S) := d\phi_3(S) \cdot U_{53}(S) \quad \phi_{71}(S) := d\phi_3(S) \cdot U_{75}(S) \cdot U_{53}(S)$$

Определение передаточного числа оси подвеса I56(S)

$$I_{56}(S) := d\phi_3(S) \cdot U_{53}(S) \cdot L_{56} \cdot \cos(\phi_5(S))$$

Определение основного передаточного числа IS6(S)

$$IS6(S) := I56(S) + \phi61(S) \cdot LS6 \cdot \cos(\phi6(S) + \phi S6)$$

График изменения аналога угловой скорости звена L3 приведен на рисунке 3.1

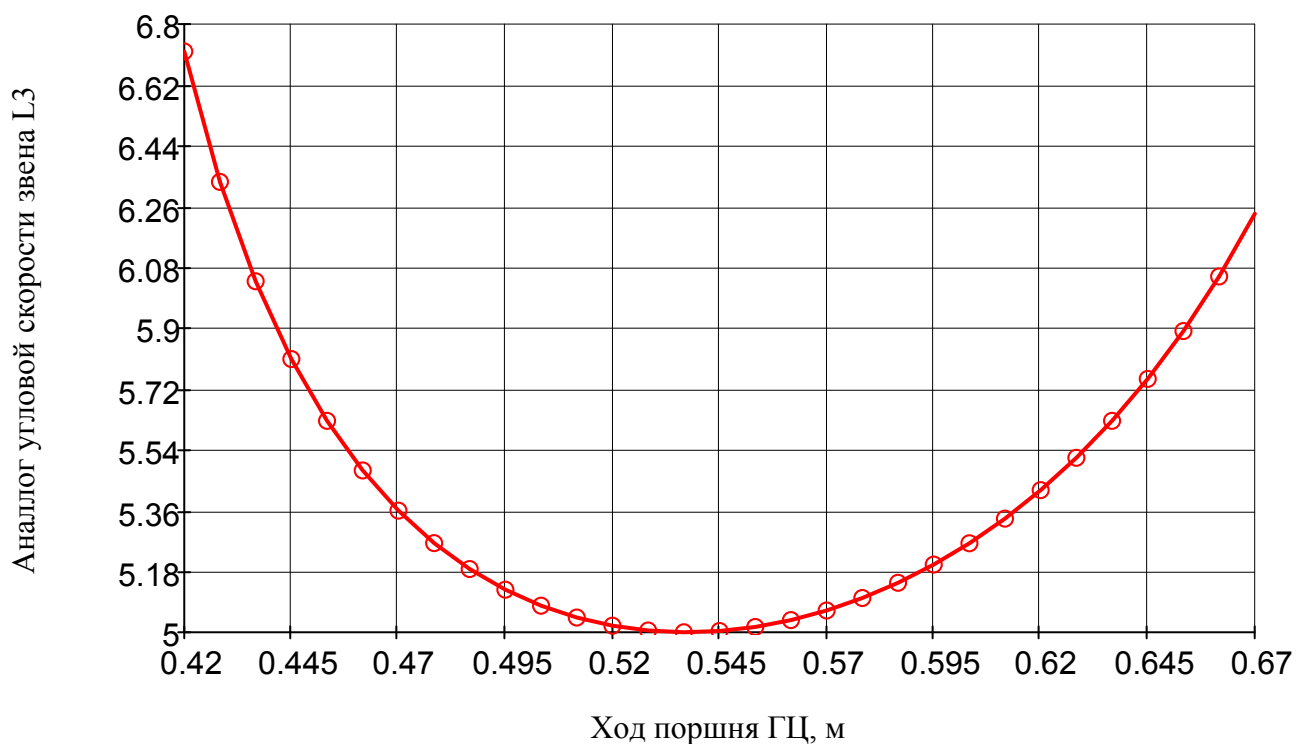


Рисунок 3.1 - График изменения аналога угловой скорости звена L3

График изменения коэффициента передаточного числа на оси подвеса и основного передаточного числа приведен на рисунке 3.2

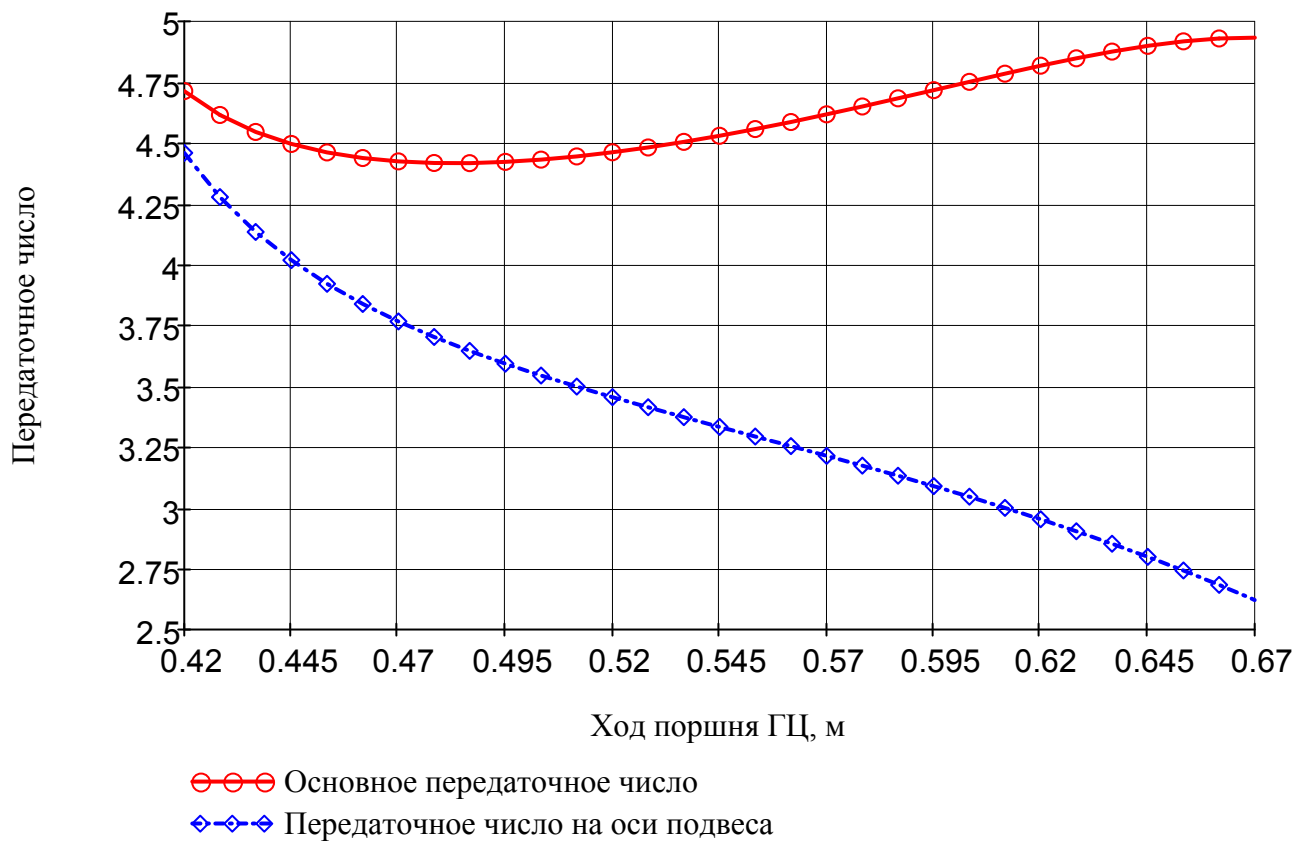


Рисунок 3.2 - График изменения передаточных чисел

В таблице 3.1 приведены результаты кинематического анализа

Таблица 3.1 - Результаты кинематического анализа

[М]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
S =	U43(S) =	U53(S) =	U65(S) =	U75(S) =	I56(S) =	IS6(S) =
0.420	-0.023	0.666	0.066	1.366	4.459	4.713
0.448	0.006	0.679	0.149	1.365	3.984	4.483
0.476	0.030	0.681	0.226	1.375	3.723	4.419
0.503	0.052	0.675	0.304	1.394	3.544	4.431
0.531	0.075	0.663	0.388	1.420	3.400	4.489
0.559	0.099	0.644	0.483	1.455	3.267	4.576
0.587	0.126	0.619	0.591	1.497	3.132	4.683
0.614	0.156	0.585	0.716	1.548	2.985	4.796
0.642	0.192	0.541	0.860	1.608	2.817	4.892
0.670	0.235	0.484	1.022	1.674	2.621	4.933

[М]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
S =	dφ3(S) =	φ41(S) =	φ51(S) =	φ61(S) =	φ71(S) =
0.420	6.719	-0.155	4.475	0.295	6.112
0.448	5.743	0.034	3.898	0.581	5.321
0.476	5.294	0.158	3.603	0.813	4.955
0.503	5.079	0.266	3.427	1.042	4.778
0.531	5.002	0.375	3.316	1.288	4.710
0.559	5.028	0.498	3.240	1.565	4.713
0.587	5.146	0.647	3.184	1.883	4.767
0.614	5.363	0.839	3.136	2.246	4.856
0.642	5.707	1.098	3.086	2.652	4.961
0.670	6.239	1.467	3.019	3.085	5.054

4 РАСЧЕТ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Определение силы на ГЦ

$$F_{gc}(S) := P_6 \cdot IS_6(S)$$

Площадь поршня ГЦ

$$S_{gc} := 0.25 \cdot \pi \cdot D_{gc}^2$$

Развиваемая ГЦ давление в процессе работы МН

$$P_{gc}(S) := \frac{F_{gc}(S)}{k_{gc} \cdot S_{gc} \cdot \eta}$$

Грузоподъемность на оси подвеса и в точке приложения ЦМ НМ

$$G_{56}(S) := \frac{k_{gc} \cdot P_{gc_max} \cdot \eta \cdot S_{gc}}{IS_6(S)} \quad GS_6(S) := \frac{k_{gc} \cdot P_{gc_max} \cdot \eta \cdot S_{gc}}{IS_6(S)}$$

График изменения грузоподъемности приведен на рисунке 4.1

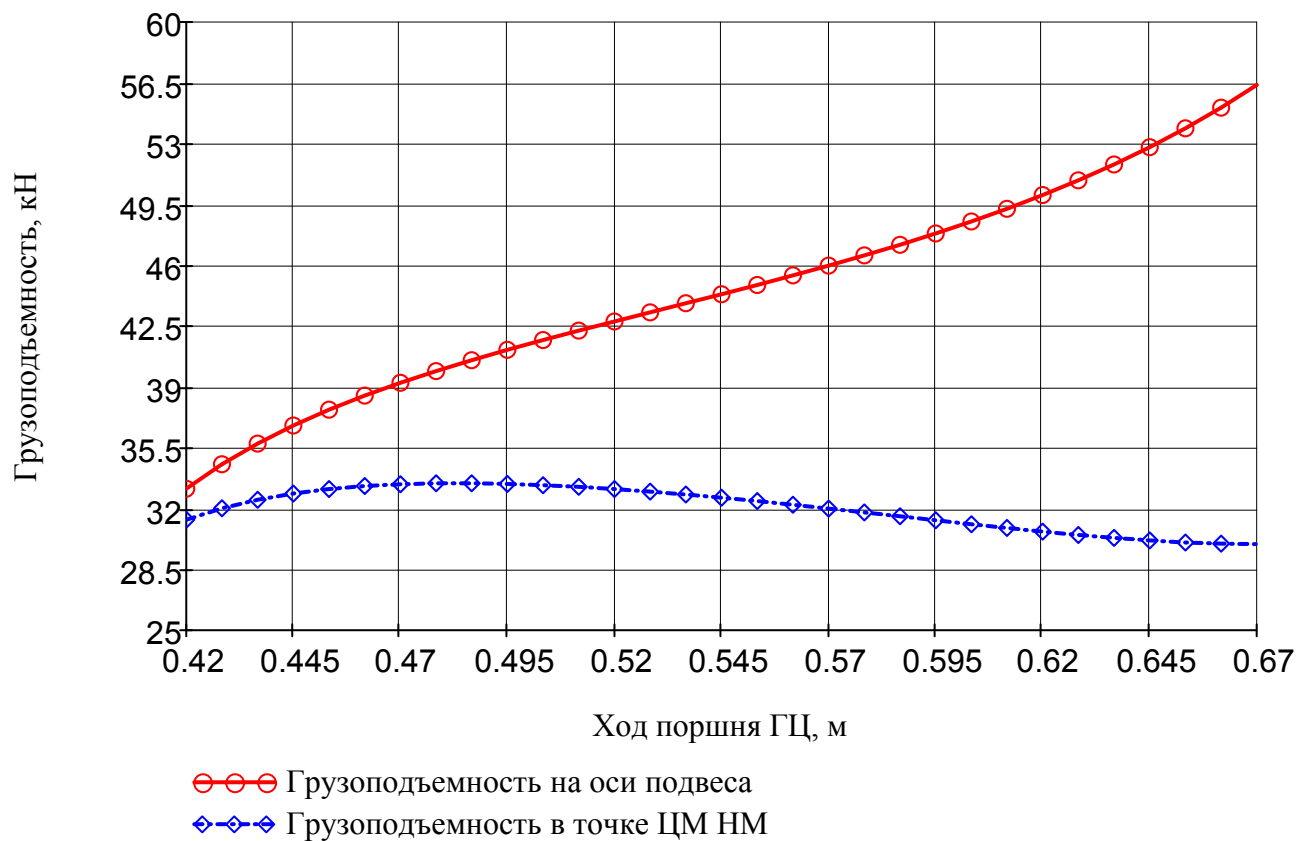


Рисунок 4.1 - График изменения грузоподъемности

График изменения силы на ГЦ приведен на рисунке 4.2, а график изменения давления в ГЦ приведен на рисунке 4.3

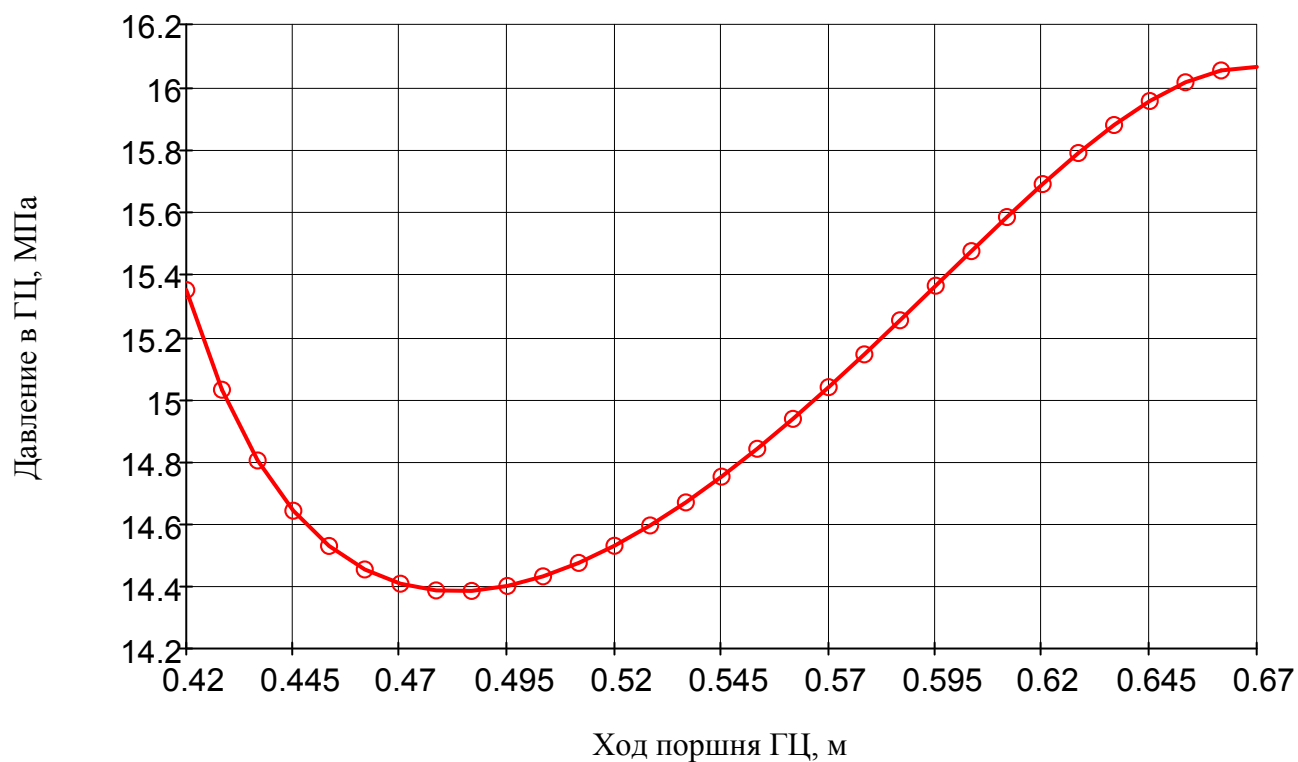


Рисунок 4.2 - График изменения силы на ГЦ

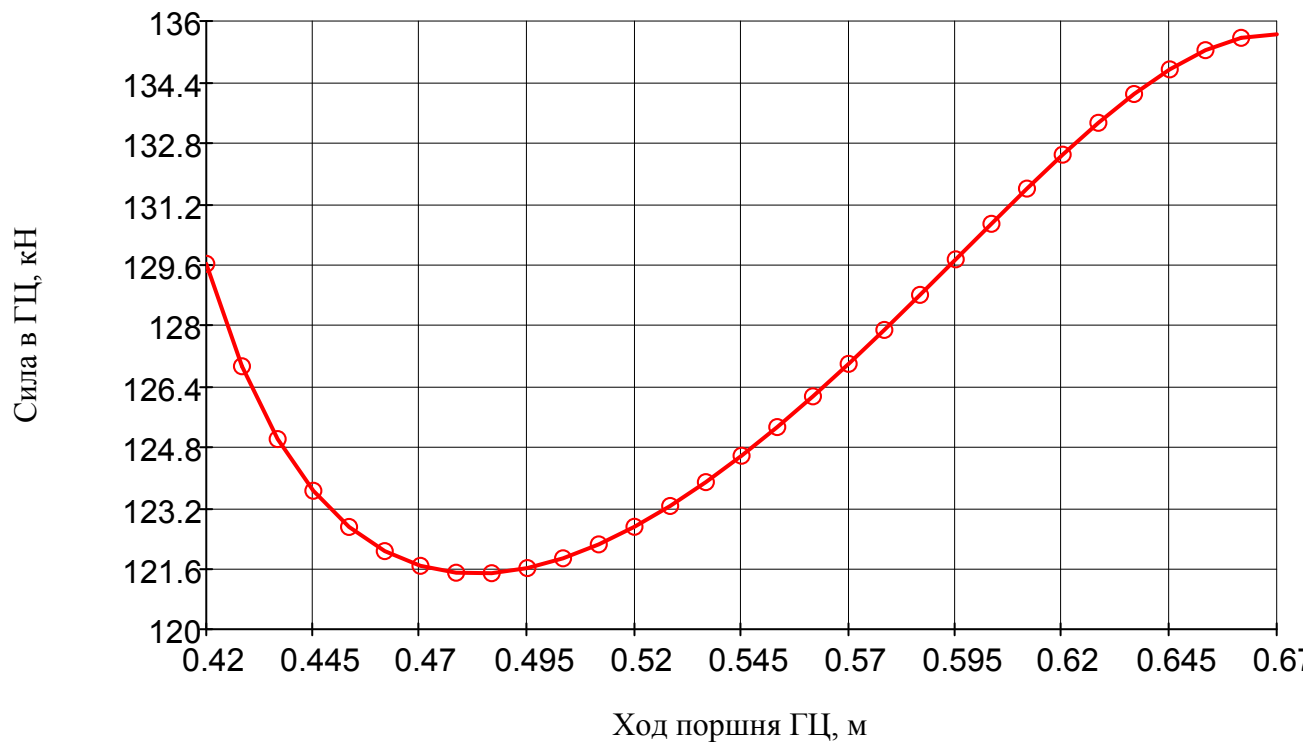


Рисунок 4.3 - График изменения давления на ГЦ

Запас грузоподъемности равен

$$\Delta GS65(S) := \frac{GS6(S) - P6}{P6} \cdot 100$$

Результаты анализа МН на грузоподъемность приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Результаты анализа МН на грузоподъемность

[м]	[Н]	[Па]	[Н]	[Н]	[Н]
S =	Fgc(S) =	Pgc(S) =	G56(S) =	GS6(S) =	ΔGS65(S) =
0.420	129614	15348729	33139	31354	14.0
0.448	123283	14599060	37094	32964	19.9
0.476	121526	14390943	39694	33441	21.6
0.503	121864	14431035	41697	33348	21.3
0.531	123443	14617934	43466	32922	19.7
0.559	125853	14903317	45232	32291	17.4
0.587	128794	15251659	47183	31554	14.7
0.614	131892	15618518	49511	30813	12.0
0.642	134526	15930463	52459	30209	9.9
0.670	135652	16063717	56377	29959	8.9

5 СИЛОВОЙ АНАЛИЗ

5.1 Система уравнений для третьей структурной силовой группы

Группа Ассура I (6,7) приведена на рисунке 5.1

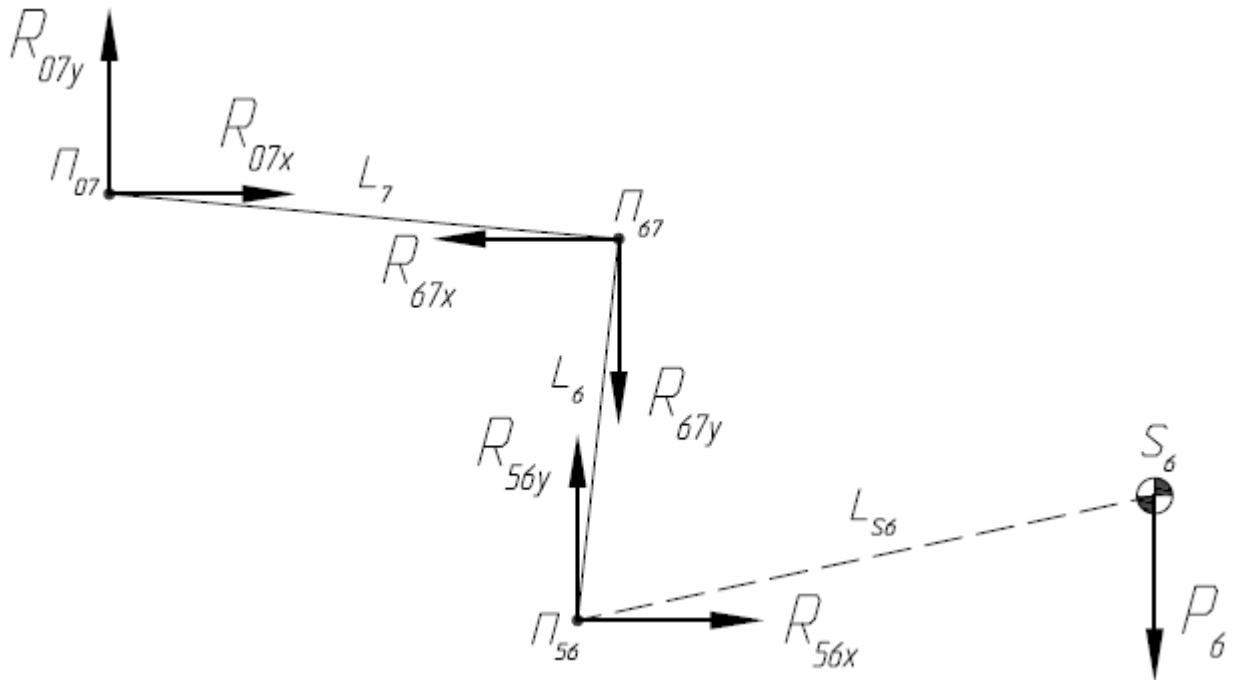


Рисунок 5.1 - Группа Ассура I (6,7)

$$\begin{cases}
 R56x(S) + R07x(S) = 0 \\
 R56y(S) + R07y(S) - P6 = 0 \\
 R07x(S) \cdot (Y07 - Y67(S)) + R07y(S) \cdot (X67(S) - X07) = 0 \\
 R56x(S) \cdot (Y67(S) - Y56(S)) + R56y(S) \cdot (X67(S) - X56(S)) - P6 \cdot (XS6(S) - X67(S)) = 0
 \end{cases}$$

Вспомогательные величины

$$\begin{aligned}
 a1(S) &:= Y07 - Y67(S) & d1(S) &:= X67(S) - X56(S) \\
 b1(S) &:= X67(S) - X07 & e1(S) &:= XS6(S) - X67(S) \\
 c1(S) &:= Y67(S) - Y56(S)
 \end{aligned}$$

Определение реакции R56

$$\begin{aligned}
 R56x(S) &:= \frac{P6 \cdot b1(S) \cdot (d1(S) + e1(S))}{a1(S) \cdot d1(S) + b1(S) \cdot c1(S)} \\
 R56y(S) &:= -\frac{P6 \cdot e1(S) - R56x(S) \cdot c1(S)}{d1(S)} \\
 R56(S) &:= \sqrt{R56x(S)^2 + R56y(S)^2}
 \end{aligned}$$

Определение реакции R07

$$R_{07x}(S) := -R_{56x}(S) \quad R_{07y}(S) := P_6 - R_{56y}(S)$$

$$R_{07}(S) := \sqrt{R_{07x}(S)^2 + R_{07y}(S)^2}$$

Определение реакции R67

$$R_{67x}(S) := R_{56x}(S) \quad R_{67y}(S) := R_{56y}(S) - P_6$$

$$R_{67}(S) := \sqrt{R_{67x}(S)^2 + R_{67y}(S)^2}$$

► Проверка

5.2 Система уравнений для второй структурной силовой группы

Группа Ассура II (4,5) приведена на рисунке 5.2

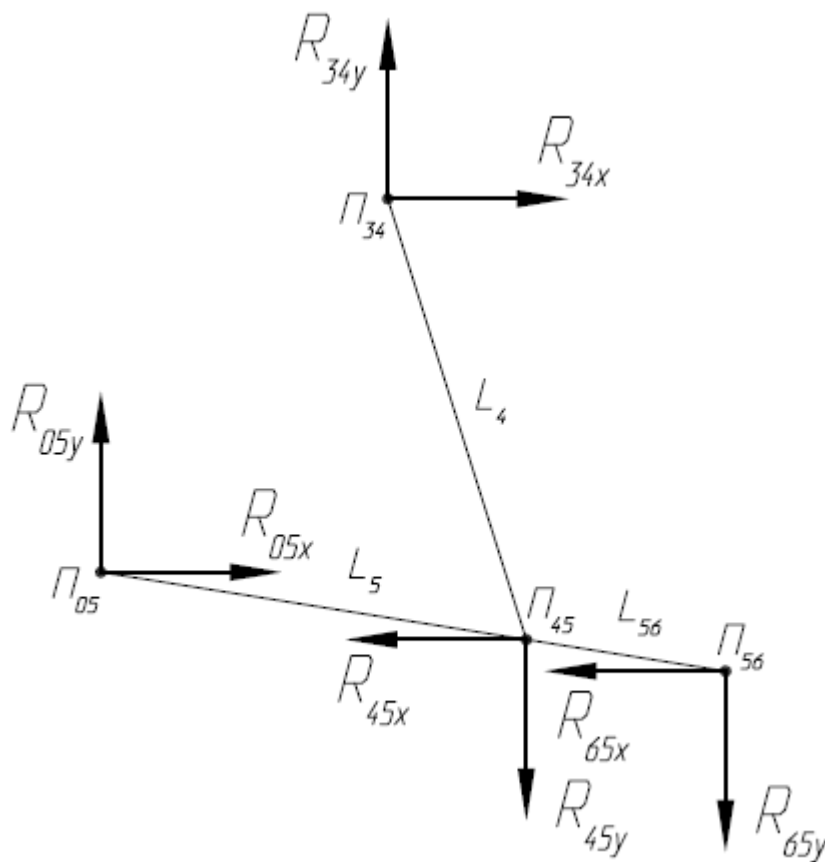


Рисунок 5.2 - Группа Ассура II (4,5)

Определение реакций R65x и R65y

$$R_{65x}(S) := -R_{56x}(S) \quad R_{65y}(S) := -R_{56y}(S)$$

Определение реакции R34

$$R05x(S) + R34x(S) - R65x(S) = 0$$

$$R05y(S) + R34y(S) - R65y(S) = 0$$

$$-R34x(S) \cdot (Y34(S) - Y45(S)) + R34y(S) \cdot (X34(S) - X45(S)) = 0$$

$$-R05x(S) \cdot (Y05 - Y45(S)) - R05y(S) \cdot (X45(S) - X05) - H(S) = 0$$

$$H(S) = R65x(S) \cdot (Y45(S) - Y56(S)) + R65y(S) \cdot (X56(S) - X45(S))$$

Вспомогательные величины

$$a2(S) := Y34(S) - Y45(S) \quad c2(S) := Y05 - Y45(S)$$

$$b2(S) := X34(S) - X45(S) \quad d2(S) := X45(S) - X05$$

$$e2(S) := R65x(S) \cdot (Y45(S) - Y56(S)) + R65y(S) \cdot (X56(S) - X45(S))$$

Определение реакции R05

$$R05x(S) := -\frac{b2(S) \cdot e2(S) - R65x(S) \cdot a2(S) \cdot d2(S) + R65y(S) \cdot b2(S) \cdot d2(S)}{a2(S) \cdot d2(S) + b2(S) \cdot c2(S)}$$

$$R05y(S) := -\frac{e2(S) + R05x(S) \cdot c2(S)}{d2(S)}$$

$$R05(S) := \sqrt{R05x(S)^2 + R05y(S)^2}$$

Определение реакции R34

$$R34x(S) := \frac{b2(S) \cdot e2(S) + R65x(S) \cdot b2(S) \cdot c2(S) + R65y(S) \cdot b2(S) \cdot d2(S)}{a2(S) \cdot d2(S) + b2(S) \cdot c2(S)}$$

$$R34y(S) := \frac{R34x(S) \cdot a2(S)}{b2(S)}$$

$$R34(S) := \sqrt{R34x(S)^2 + R34y(S)^2}$$

Определение реакции R45

$$R45x(S) := R34x(S)$$

$$R45y(S) := R34y(S)$$

$$R45(S) := \sqrt{R45x(S)^2 + R45y(S)^2}$$

► Проверка

5.3 Система уравнений для первой структурной силовой группы

Группа Ассура I (2,3) приведена на рисунке 5.3

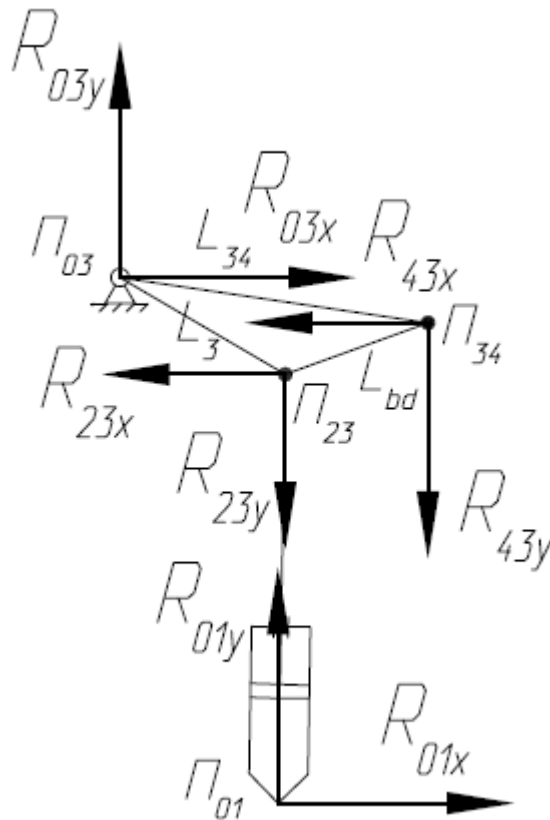


Рисунок 5.3 - Группа Ассура I (2,3)

Определение реакций R_{43x} и R_{43y}

$$R_{43x}(S) := -R_{34x}(S) \quad R_{43y}(S) := -R_{34y}(S)$$

$$\begin{cases} R_{01x}(S) + R_{03x}(S) - R_{43x}(S) = 0 \\ R_{01y}(S) + R_{03y}(S) - R_{43y}(S) = 0 \\ R_{01x}(S) \cdot (Y_{23}(S) - Y_{01}) - R_{01y}(S) \cdot (X_{23}(S) - X_{01}) = 0 \\ -R_{03x}(S) \cdot (Y_{03} - Y_{23}(S)) + R_{03y}(S) \cdot (X_{03} - X_{23}(S)) - H(S) = 0 \\ H(S) = R_{43x}(S) \cdot (Y_{23}(S) - Y_{34}(S)) + R_{43y}(S) \cdot (X_{34}(S) - X_{23}(S)) \end{cases}$$

Вспомогательные величины

$$\begin{aligned} a_3(S) &:= Y_{23}(S) - Y_{01} & c_3(S) &:= Y_{03} - Y_{23}(S) \\ b_3(S) &:= X_{23}(S) - X_{01} & d_3(S) &:= X_{03} - X_{23}(S) \\ e_3(S) &:= R_{43x}(S) \cdot (Y_{23}(S) - Y_{34}(S)) + R_{43y}(S) \cdot (X_{34}(S) - X_{23}(S)) \end{aligned}$$

Определение реакций R_{03}

$$R_{03x}(S) := \frac{b_3(S) \cdot e_3(S) + R_{43x}(S) \cdot a_3(S) \cdot d_3(S) - R_{43y}(S) \cdot b_3(S) \cdot d_3(S)}{a_3(S) \cdot d_3(S) - b_3(S) \cdot c_3(S)}$$

$$R_{03y}(S) := \frac{e_3(S) + R_{03x}(S) \cdot c_3(S)}{d_3(S)}$$

$$R03(S) := \sqrt{R03x(S)^2 + R03y(S)^2}$$

Определение реакций R01

$$R01x(S) := -\frac{b3(S) \cdot e3(S) + R43x(S) \cdot b3(S) \cdot c3(S) - R43y(S) \cdot b3(S) \cdot d3(S)}{a3(S) \cdot d3(S) - b3(S) \cdot c3(S)}$$

$$R01y(S) := \frac{R01x(S) \cdot a3(S)}{b3(S)}$$

$$R01(S) := \sqrt{R01x(S)^2 + R01y(S)^2}$$

Определение реакций R23

$$R23x(S) := R01x(S) \quad R23y(S) := R01y(S)$$

$$R23(S) := \sqrt{R23x(S)^2 + R23y(S)^2}$$

► Проверка

Результаты силового анализа МН приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Результаты силового анализа МН

[М]	[H]	[H]	[H]	[H]	[H]
S =	R56x(S) =	R56y(S) =	R07x(S) =	R07y(S) =	R23x(S) =
0.420	45683	16228	-45683	11272	-3801
0.448	45827	23612	-45827	3888	2053
0.476	45709	30131	-45709	-2631	5327
0.503	45237	36311	-45237	-8811	7145
0.531	44300	42375	-44300	-14875	7925
0.559	42757	48401	-42757	-20901	7838
0.587	40436	54354	-40436	-26854	6933
0.614	37152	60074	-37152	-32574	5185
0.642	32743	65240	-32743	-37740	2515
0.670	27152	69359	-27152	-41859	-1161

[М]	[H]	[H]	[H]	[H]	[H]
S =	R23y(S) =	R05x(S) =	R05y(S) =	R34x(S) =	R34y(S) =
0.420	129558	-49391	47486	3708	-63715
0.448	123266	-49649	43724	3822	-67336
0.476	121409	-49911	40484	4202	-70615
0.503	121655	-50075	37624	4837	-73935
0.531	123188	-50062	35124	5762	-77499
0.559	125608	-49801	33031	7044	-81432
0.587	128607	-49228	31435	8792	-85789
0.614	131790	-48309	30436	11157	-90510
0.642	134503	-47085	30071	14342	-95311
0.670	135647	-45742	30172	18589	-99531

[M]	[H]	[H]	[H]	[H]	[H]
S =	R45x(S) =	R45y(S) =	R03x(S) =	R03y(S) =	R01x(S) =
0.420	3708	-63715	93	-65844	-3801
0.448	3822	-67336	-5876	-55930	2053
0.476	4202	-70615	-9529	-50794	5327
0.503	4837	-73935	-11983	-47720	7145
0.531	5762	-77499	-13687	-45689	7925
0.559	7044	-81432	-14882	-44176	7838
0.587	8792	-85789	-15725	-42818	6933
0.614	11157	-90510	-16341	-41281	5185
0.642	14342	-95311	-16856	-39191	2515
0.670	18589	-99531	-17428	-36116	-1161

[M]	[H]	[H]	[H]	[H]	[H]
S =	R01y(S) =	R56(S) =	R07(S) =	R03(S) =	R05(S) =
0.420	129558	48480	47053	65844	68516
0.448	123266	51552	45991	56238	66158
0.476	121409	54746	45784	51680	64265
0.503	121655	58008	46087	49201	62634
0.531	123188	61304	46731	47695	61155
0.559	125608	64582	47592	46616	59760
0.587	128607	67745	48541	45614	58408
0.614	131790	70634	49410	44398	57097
0.642	134503	72996	49964	42663	55868
0.670	135647	74485	49894	40101	54796

[M]	[H]	[H]	[H]	[H]	[H]
S =	R34(S) =	R23(S) =	R45(S) =	R01(S) =	Fgc(S) =
0.420	63822	129614	63822	129614	129614
0.448	67445	123283	67445	123283	123283
0.476	70740	121526	70740	121526	121526
0.503	74093	121864	74093	121864	121864
0.531	77713	123443	77713	123443	123443
0.559	81736	125853	81736	125853	125853
0.587	86239	128794	86239	128794	128794
0.614	91195	131892	91195	131892	131892
0.642	96384	134526	96384	134526	134526
0.670	101252	135652	101252	135652	135652

Результаты силового анализа МН приведены на рисунке 5.4

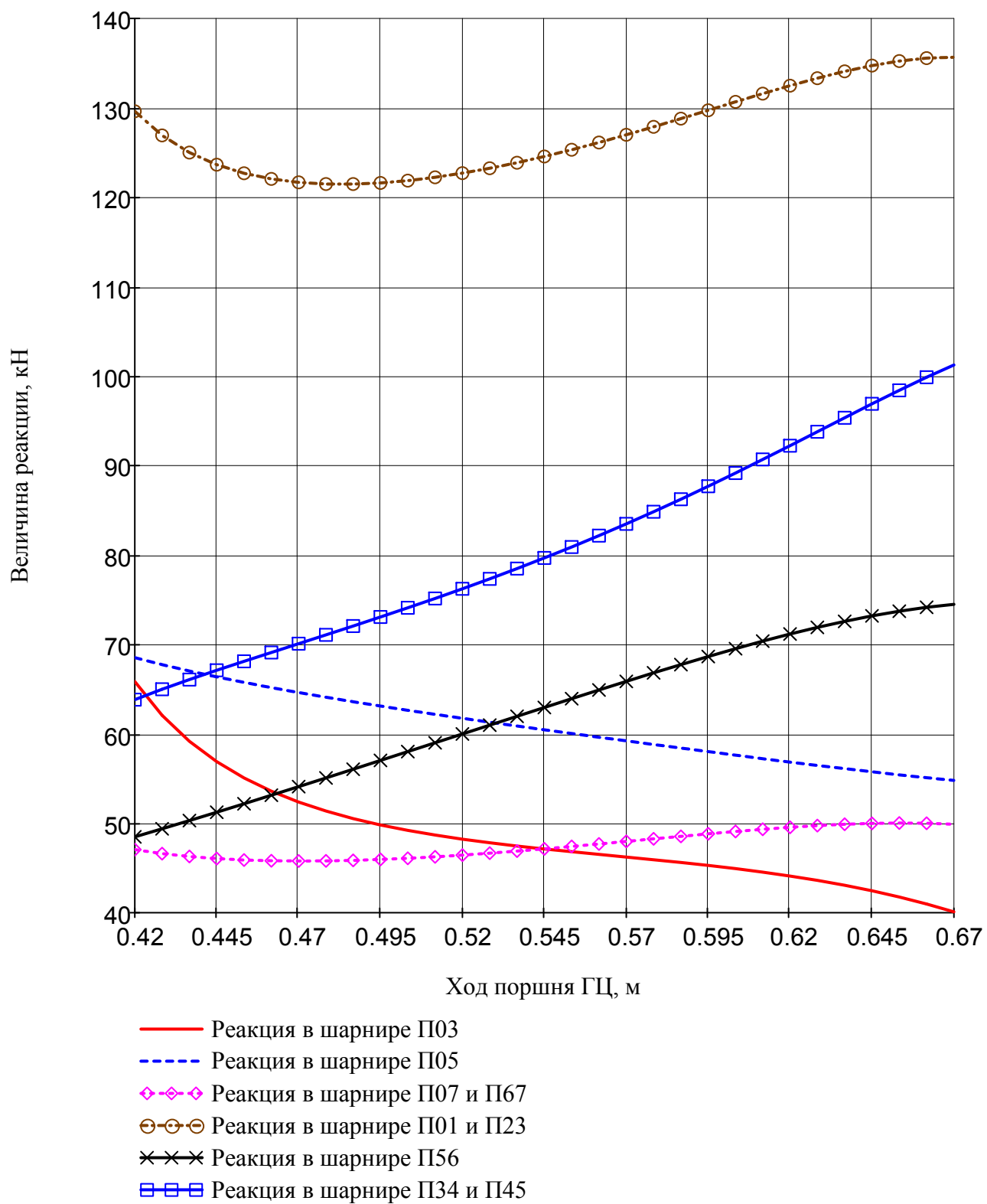


Рисунок 5.4 - Результаты силового анализа МН

6 РАСЧЕТ УПРАВЛЯЕМОСТИ МСХА

Расчетная схема для расчета управляемости МСХА приведена на рисунке 6.1

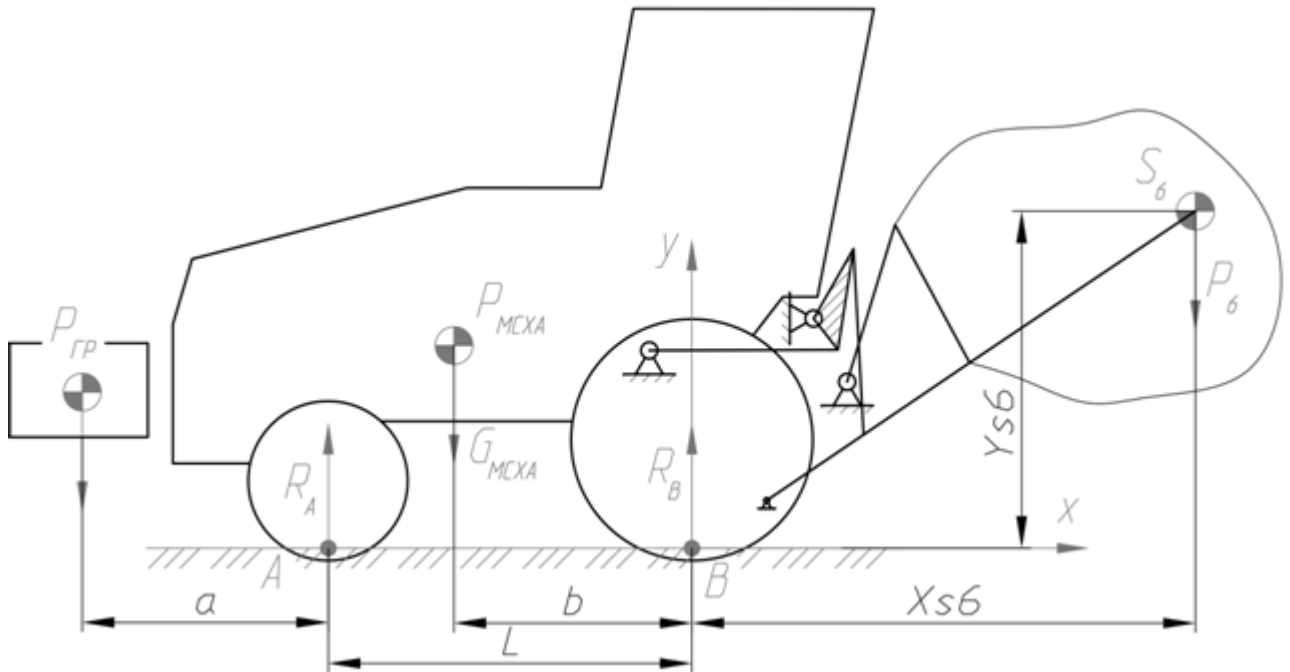


Рисунок 6.1 - Расчетная схема для определения управляемости МСХА

Запишем уравнение сил, действующих на МСХА

$$-P_{гр} + R_A - P_{мсха} + R_B - P_6 = 0$$

откуда

$$R_B = P_{гр} - R_A + P_{уэс} + P_6$$

$$P_{гр} \cdot (a + Lb) - R_A \cdot L + P_{мсха} \cdot b - P_6 \cdot X_{s6} = 0$$

откуда

$$R_A(S) := \frac{P_{гр} \cdot (a + L) + P_{мсха} \cdot b - P_6 \cdot X_{s6}(S)}{L}$$

$$R_B(S) := P_{гр} + P_{мсха} + P_6 - R_A(S)$$

Запас по устойчивости

$$\Delta R_A(S) := \frac{R_A(S)}{P_6 + P_{мсха} + P_{гр}} \cdot 100 \quad \Delta R_B(S) := \frac{R_B(S)}{P_6 + P_{мсха} + P_{гр}} \cdot 100$$

График изменения запаса устойчивости, приходящейся на управляемые колеса, приведен на рисунке 6.2

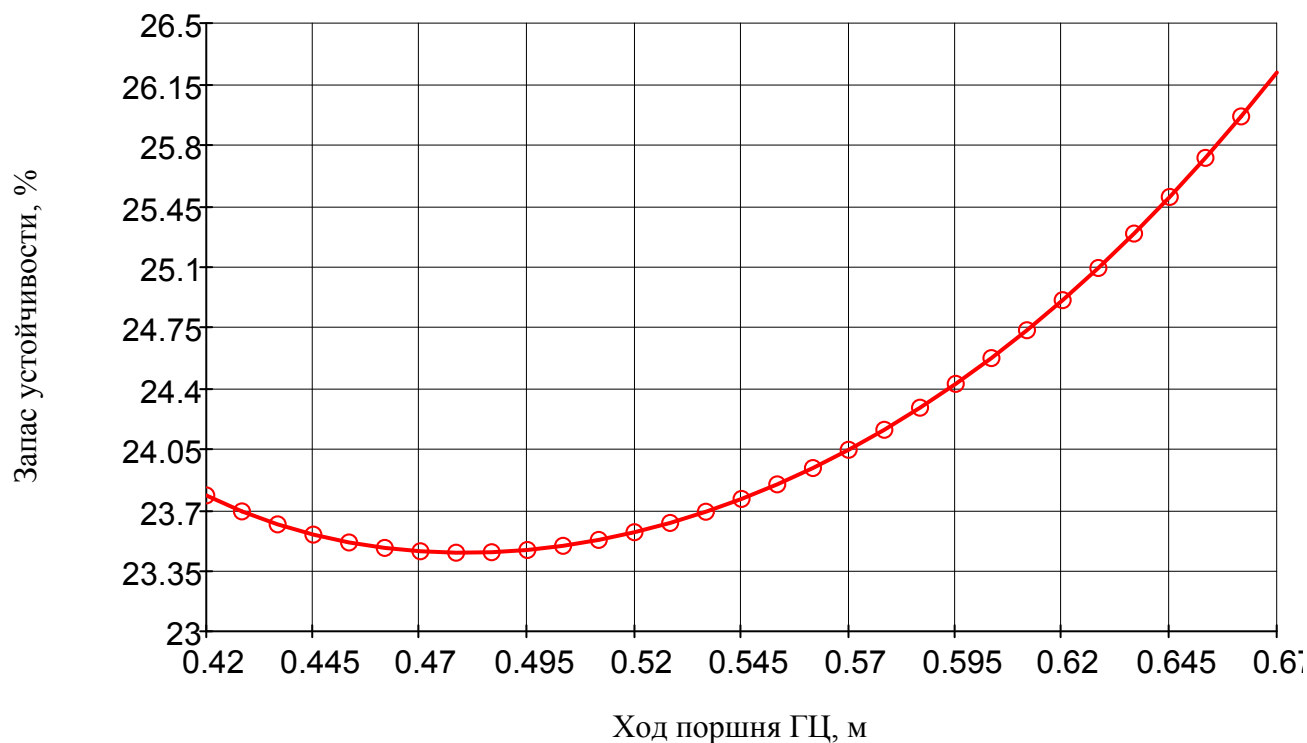


Рисунок 6.2 - График изменения запаса устойчивости на управляемых колесах

Максимальная грузоподъемность

$$R_{amin} := 0.2 \cdot (P_6 + P_{мсха} + P_{гр})$$

$$GS6max(S) := \frac{P_{мсха} \cdot b + P_{гр} \cdot (a + L) - R_{amin}}{XS6(S)}$$

Результаты анализа МН на устойчивость приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты анализа МН на устойчивость

[м]	[Н]	[Н]	[%]	[%]	[Н]
S =	Ra(S) =	Rb(S) =	ΔRa(S) =	ΔRb(S) =	GS6max(S) =
0.420	21761	69739	23.8	76.2	50645
0.448	21539	69961	23.5	76.5	50045
0.476	21460	70040	23.5	76.5	49835
0.503	21495	70005	23.5	76.5	49929
0.531	21634	69866	23.6	76.4	50301
0.559	21875	69625	23.9	76.1	50960
0.587	22222	69278	24.3	75.7	51939
0.614	22682	68818	24.8	75.2	53298
0.642	23266	68234	25.4	74.6	55129
0.670	23987	67513	26.2	73.8	57569

Проверка кинематического анализа через мгновенный полюс вращения

Координата мгновенного полюса вращения по оси абсцисс

$$\begin{aligned}
 AA(S) &:= Y56(S) \cdot X05 - Y05 \cdot X56(S) & DD(S) &:= X05 - X56(S) \\
 BB(S) &:= X07 - X67(S) & EE(S) &:= Y67(S) \cdot X07 - Y07 \cdot X67(S) \\
 CC(S) &:= Y07 - Y67(S) & FF(S) &:= Y05 - Y56(S) \\
 Xp(S) &:= \frac{AA(S) \cdot BB(S) - DD(S) \cdot EE(S)}{CC(S) \cdot DD(S) - BB(S) \cdot FF(S)}
 \end{aligned}$$

Проверка $Imp(S) := \phi61(S) \cdot (X56(S) - Xp(S))$

$$lsp(S) := \phi61(S) \cdot (XS6(S) - Xp(S))$$

[м]	[-]	[-]	[-]	[-]
S =	l56(S) =	lS6(S) =	Imp(S) =	lsp(S) =
0.420	4.459	4.713	4.459	4.713
0.448	3.984	4.483	3.984	4.483
0.476	3.723	4.419	3.723	4.419
0.503	3.544	4.431	3.544	4.431
0.531	3.400	4.489	3.400	4.489
0.559	3.267	4.576	3.267	4.576
0.587	3.132	4.683	3.132	4.683
0.614	2.985	4.796	2.985	4.796
0.642	2.817	4.892	2.817	4.892
0.670	2.621	4.933	2.621	4.933