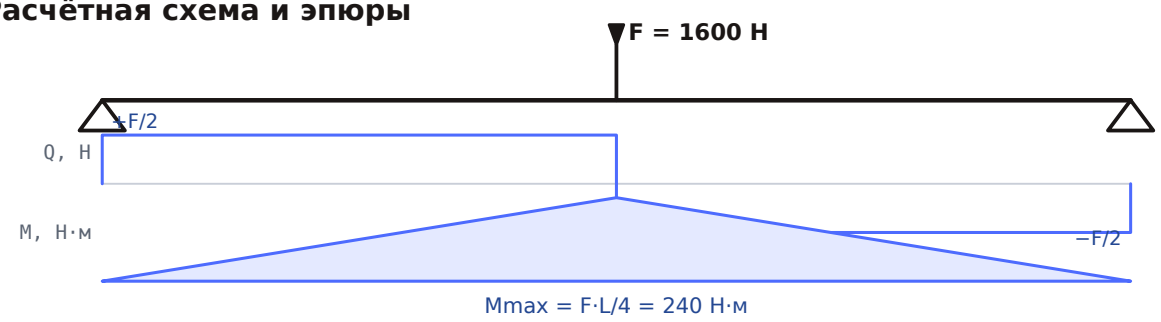
Расчёт вала: прочность, жёсткость, кручение

Вал КР-04.004 · Ø40, сталь 40Х · сила в середине пролёта, крутящий момент на конце

Материал	сталь 40Х, термоулучшение — ГОСТ 4543-2016; σт = 785 МПа
Геометрия	Ø40 мм, пролёт между опорами L = 600 мм
Нагрузка	F = 1600 Н в середине пролёта; T = 320 Н·м на конце
Модули	E = 2,06·10⁵ МПа; G = 7,9·10⁴ МПа
Нормы жёсткости	прогиб [f] = L/1000 = 0,6 мм; закрутка [φ] = 0,5 °/м
Запас прочности	требуемый [n] = 2,0 к пределу текучести

Расчётная схема и эпюры



Формулы и результаты

Величина	Формула	Значение	Допускаемое	Запас
Изгибный момент	M = F·L/4	240 Н·м	—	—
Напряжение изгиба	σ = M/W, W = πd³/32 = 6 283 мм³	38,2 МПа	392 МПа	10,3
Крутящий момент	T	320 Н·м	—	—
Касательное напряжение	τ = T/Wp, Wp = 2W	25,5 МПа	235 МПа	9,2
Эквивалентное (IV)	σэкв = √(σ² + 3τ²)	58,4 МПа	392 МПа	13,4
Прогиб	f = F·L³/(48·E·I), I = 125 664 мм⁴	0,278 мм	0,60 мм	2,2
Закрутка	φ = T·L/(G·Ip), Ip = 2I	0,92 °/м	0,50 °/м	нет

Развилка: прочность прошла, жёсткость нет

По прочности запас 10–13: вал тонкий не по этой причине. Не проходит закрутка — 0,92 °/м против 0,5. Три выхода: Ø48, вторая опора ближе (L = 480), другой материал (даёт меньше, чем диаметр). Выбор — за конструктором: он знает, что важнее, масса или точность привода.

Что меняется в вариантах

Вариант	Прогиб, мм	Закрутка, °/м	Масса вала, кг	Цена решения
Ø40 (как есть)	0,278	0,92 — нет	5,8	не годится
Ø48	0,133	0,45	8,4	масса +45 %, точность в норме
Ø40, L = 480	0,142	0,74 — нет	4,7	нужна вторая опора
Ø45 + L = 480	0,097	0,44	5,4	компромисс по массе и точности

Масса: V = πd²L/4, ρ = 7,85 г/см³. Формулы — сопротивление материалов; норматив закрутки берётся из ТЗ привода, это не ГОСТ.

Данные кейса сконструированы. Нормы, формулы, структура документа — настоящие.