

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
ВИНТОВОЕ УСТРОЙСТВО.
РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов всех направлений подготовки бакалавриата
и специальностей*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра механики

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
ВИНТОВОЕ УСТРОЙСТВО.
РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов всех направлений подготовки бакалавриата
и специальностей*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 621.81 (073)

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА. Винтовое устройство. Расчет и проектирование: Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Большунов, А.Ю. Кузькин*. СПб, 2019. 44 с.

Даны цель и задачи работы, рассмотрена методика расчета и проектирования передачи винт-гайка в силовых устройствах, приведены индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов.

Методические указания предназначены для студентов всех направлений подготовки бакалавриата и специальностей, а также для самостоятельной работы студентов, изучающих дисциплины «Механика», «Техническая механика», «Теоретическая и прикладная механика».

Научный редактор проф. *В.Л. Трушко*

Рецензент проф. *А.А. Тихонов* (Санкт-Петербургский государственный университет)

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы «Винтовое устройство. Расчет и проектирование» является закрепление на практике теоретических знаний, полученных на лекциях, и приобретение навыков и умений в области конструирования деталей машин.

При выполнении этой работы студенты учатся анализировать процесс работы механизма, понимать взаимодействие его частей. Представляя себе как конструкцию механизма в целом, так и силовое взаимодействие его отдельных деталей, студент учится переходить от реального механизма к его расчётной схеме. При этом он приобретает навыки выполнения проектных и проверочных расчётов по различным критериям работоспособности и умения пользоваться справочной литературой и оформлять конструкторскую документацию.

Навыки и умения, полученные при выполнении работы, в дальнейшем способствуют успешному решению студентами различных инженерно-технических задач.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ

Работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка включает в себя титульный лист, задание на выполнение работы с изображением структурной схемы устройства, оглавление, введение, текстовую часть и список использованных источников.

Текст пояснительной записки содержит расчёты основных элементов устройства: грузового винта, гайки, рукоятки, корпуса.

Все технические решения и расчёты должны быть обоснованы соответствующими расчётными схемами.

Графическая часть работы включает:

1. Сборочный чертёж винтового устройства (формат А2).
2. Спецификация к сборочному чертежу (формат А4).

Пояснительная записка и графическая часть работы должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД и требованиями СПГУ к оформлению курсовых проектов и расчётно-графических работ.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ

Последовательность выполнения расчётно-графической работы следующая:

- детальное ознакомление по справочникам конструктора, атласам деталей машин с устройством механизмов, подобных тому, который предстоит проектировать. Процесс ознакомления включает изучение принципа работы и устройства как всей конструкции, так и её отдельных деталей;

- на основании анализа рассмотренных конструкций решается вопрос об устройстве проектируемого механизма и выполняется его эскиз, на котором проставляются буквенные обозначения всех размеров, подлежащих определению в процессе конструирования;

- выполняются проектные и проверочные расчёты передачи, основанные на критериях её работоспособности;

- разрабатывается сборочный чертёж изделия с выполнением по мере необходимости проектных и проверочных расчётов различных деталей и их элементов. Любые расчёты сопровождаются составлением необходимых расчётных схем и эскизов;

- по сборочному чертежу составляется спецификация изделия;

- оформляется пояснительная записка.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРЕДАЧЕ

Передача винт-гайка, благодаря своим свойствам – малым габаритам и весу, простоте конструкции и изготовления, большому выигрышу в силе, надёжности в работе – нашла применение в различных типах машин. Примерами могут служить винтовые прессы, домкраты, съёмники, стяжки, струбины, устройства, где необходимо преобразование вращательного движения в поступательное и наоборот. Недостатком передачи является низкий к.п.д.

В силовых передачах винт-гайка применяется при одностороннем нагружении винта – упорная резьба (табл. П1), а при реверсивном, двустороннем нагружении – трапецеидальная (табл. П2). Эти резьбы позволяют создавать механизмы с большим к.п.д. чем метрическая резьба.

Метрическую резьбу (табл. ПЗ) применяют для передач, у которых к.п.д. не имеет существенного значения, а также для особо точных передач приборов.

Параметры всех названных резьб стандартизированы.

Кроме этого, при единичном или мелкосерийном производстве в передаче винт-гайка может применяться резьба с прямоугольным профилем. Её параметры не стандартизированы.

Винт и гайка прежде всего должны отвечать критериям прочности и износостойкости. Для понижения потерь на трение и улучшения прирабатываемости для кинематической пары винт-гайка применяют сочетание материалов, представляющих собой антифрикционную пару. Винты, не подвергаемые термообработке, рекомендуется выполнять из сталей Ст4, Ст5, 40, 45, 50, а винты закалённые - из сталей 65Г, 40Х и других. Для изготовления гаек при малых скоростях скольжения в передаче применяют без- или малооловянистые бронзы, а также антифрикционные чугуны. При больших скоростях скольжения – оловянистые бронзы.

4. КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Критериями работоспособности передачи являются:

1. Износ (главная причина выхода из строя).
2. Выполнение условия самоторможения в резьбе.
3. Прочность тела винта и гайки.
4. Устойчивости винта (для винтов, работающих на сжатие).

В связи с этим порядок расчёта передачи следующий:

1. Из условия износостойкости определяют параметры резьбы передачи.
2. Для выбранной резьбы проверяют выполнение условия самоторможения.
3. Проверяют прочность тела винта и гайки.
4. Для длинных винтов, работающих на сжатие, проводят проверку на устойчивость.

5. ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЁТ ПЕРЕДАЧИ ИЗ УСЛОВИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Условие обеспечения достаточной износостойкости записывается в виде:

$$q \leq [q] . \quad (1)$$

где q - давление (напряжение смятия) на рабочей поверхности витков резьбы; $[q]$ – допускаемое давление на рабочей поверхности витков резьбы (табл. 1).

Таблица 1

Значения допускаемого давления $[q]$ в резьбе передачи винт-гайка

Материалы винта и гайки	$[q]$, МПа
Сталь закалённая – бронза оловянистая	10...13
Сталь незакалённая – бронза оловянистая	8...10
Сталь закалённая – бронза безоловянистая или антифрикционный чугун	7...9
Сталь незакалённая – бронза безоловянистая или антифрикционный чугун	6...7
Сталь незакалённая – серый чугун	4...5
Сталь – сталь	14...16

Если пренебречь углом наклона рабочей стороны резьбы и предположить, что давление распределяется равномерно по виткам, предельное условие износостойкости резьбы запишется следующим образом:

$$q = \frac{F}{\pi \cdot z \cdot H_1 \cdot d_2} \leq [q] , \quad (2)$$

где F – осевая сила, действующая на передачу, Н; z – число витков резьбы гайки; H_1 – рабочая высота витка резьбы, мм; d_2 – средний диаметр резьбы, мм.

Три параметра в знаменателе этого выражения, а именно, z , H_1 и d_2 , являются неизвестными. Они находятся следующим образом. Задаются коэффициентом высоты гайки - $\psi_H = H_1/d_2$, где H_1 – высота гайки, и коэффициентом высоты резьбы $\xi_{H1} = H_1/P$, где P – шаг

резьбы. Число витков резьбы выражают через высоту гайки и шаг резьбы $z = H_{\Gamma}/P$.

Подставляя полученные уравнения в (2), находят зависимость для среднего диаметра резьбы:

$$d_2' \geq \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \xi_{H_1} \cdot \psi_H \cdot [q]}} \quad (3)$$

Значения коэффициента высоты резьбы ξ_{H_1} приведены в таблице 2.

Коэффициент высоты гайки для неразъемных гаек принимают $\psi_H = 1,2 \dots 2,5$, для разъемных – $\psi_H = 2,5 \dots 3,5$, большие значения – для резьб меньшего диаметра.

Таблица 2

Значения коэффициента высоты резьбы и угла наклона рабочей стороны профиля резьбы

Тип резьбы	Коэффициент высоты резьбы ξ_{H_1}	Угол наклона рабочей стороны резьбы α , градусы
Упорная	0,75	3
Трапецидальная	0,5	15
Метрическая	0,54	30

Полученное при расчёте значение d_2' округляют до стандартного для соответствующего типа резьбы по таблицам П1, П2, П3. По этим же таблицам находят остальные параметры принятой резьбы.

Определяют высоту гайки:

$$H_{\Gamma} = \psi_H \cdot d_2' \quad (4)$$

и округляют полученную величину до значения из ряда Ra40 (табл. П5).

Определяют число витков резьбы на гайке и проверяют условие:

$$z = \frac{H_{\Gamma}}{P} \leq [z] \quad (5)$$

где $[z] = 10 \dots 12$ – предельно допустимое число витков, обусловленное неравномерностью распределения нагрузки по виткам гайки.

Если условие $z \leq [z]$ не выполняется, пересматривают ранее принятые основные параметры резьбовой пары с целью выполнения условия износостойкости.

6. ПРОВЕРКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСЛОВИЯ САМОТОРМОЖЕНИЯ В РЕЗЬБЕ

Проверка выполнения условия самоторможения в резьбе сводится к проверке выполнения неравенства:

$$\rho' > \gamma \quad (6)$$

где ρ' - приведённый угол трения в резьбе:

$$\rho' = \arctg \frac{f}{\cos \alpha}, \quad (7)$$

α - угол наклона рабочей стороны резьбы (табл. 2); f – коэффициент трения в резьбе (табл. 3); γ - угол подъёма винтовой линии по среднему диаметру:

$$\gamma = \arctg \frac{P}{\pi d_2}. \quad (8)$$

Таблица 3

Значения коэффициента трения f в элементах проектируемого механизма

Материалы пары трения	Значение коэффициента трения		
	Винтовая пара	Плоская пята	Упорный шарикоподшипник
Сталь – бронза	0,15...0,17	0,20...0,22	0,01
Сталь – чугун	0,17...0,20	0,22...0,25	
Сталь - сталь	0,20...0,25	0,30...0,35	

7. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ВИНТА

Принятые размеры винта должны обеспечивать его прочность и устойчивость (при действии сжимающего осевого усилия). При ручном приводе, когда число циклов перемен напряжений за весь срок службы не велико, можно ограничиться проверкой статической прочности винта. Схема нагружения винта и гайки показана на рисунке 1.

Проверка прочности винта начинается с составления расчётной схемы и построения эпюр осевых сил и крутящих моментов, действующих в поперечных сечениях винта.

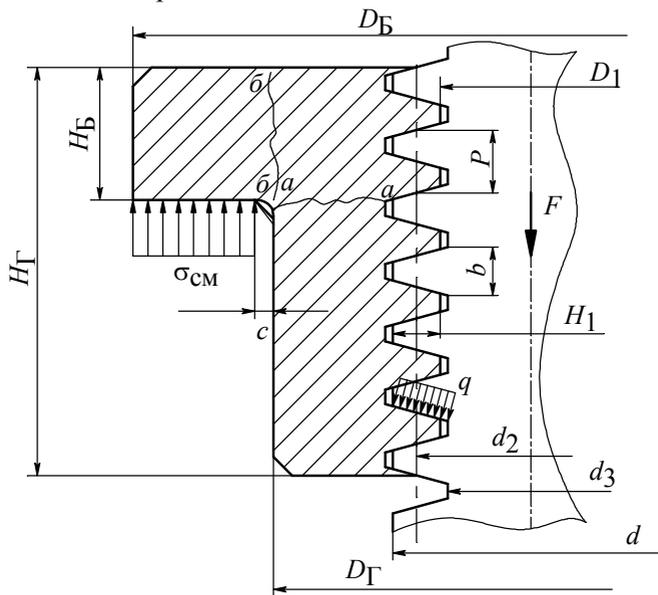


Рис. 1. Схема нагружения винта и гайки

Стержень винта нагружен осевой силой и вращающим моментом. На рисунке 2 для примера показаны расчётные схемы и эпюры распределения внутренних усилий по поперечным сечениям винта для домкрата и прессы. Там же отмечены опасные сечения винтов (сечение А-А).

Кроме внешней осевой силы F , указанной в задании, и вращающего момента, создаваемого рабочим, на винт действуют моменты трения в резьбе и моменты трения на рабочих торцах винта.

Момент трения в резьбе:

$$T_p = F \cdot \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\gamma + \rho'). \quad (9)$$

Момент трения на торце винта зависит от конструкции торцевой опоры и находится по формулам, представленным в таблице 4.

Условие прочности винта с использованием четвёртой теории прочности имеет вид:

$$\sigma_{\text{эKB}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma_p] \quad (10)$$

где $[\sigma_p]$ - допускаемое напряжение растяжения, $[\sigma_p] = \sigma_T/3$.

Предел текучести материала винта σ_T принимают по таблице 5.

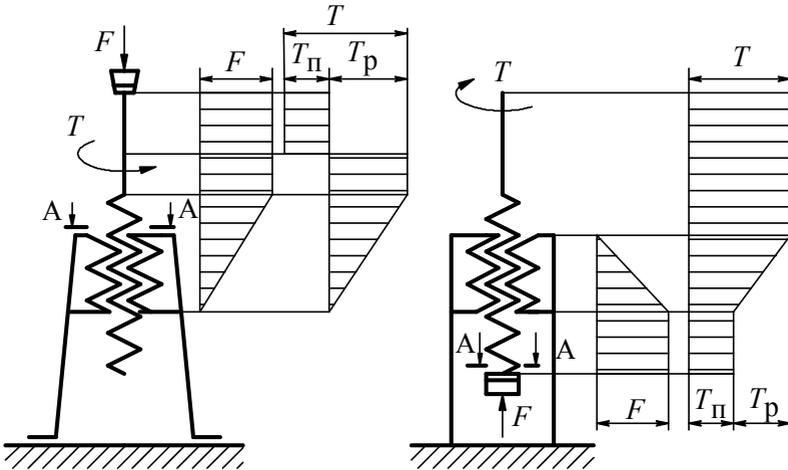


Рис. 2. Расчётные схемы и эпюры продольных сил и крутящих моментов для винтов домкрата и прессы

Таблица 4

Формулы для определения момента трения на торце винта
в зависимости от конструкции опоры

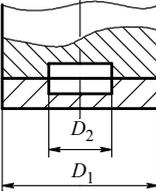
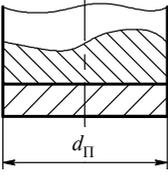
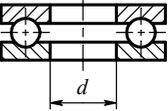
На кольцевой пяте	На сплошной пяте	В упорном шарикоподшипнике
		
$T_{\Pi} = \frac{1}{3} F \cdot f \cdot \frac{D_1^3 + D_2^3}{D_1^2 - D_2^2}$	$T_{\Pi} = \frac{1}{3} F \cdot f_{\Pi} \cdot d_{\Pi}$	$T_{\Pi} = \frac{1}{2} F \cdot f_{\Pi} \cdot d$

Таблица 5

Материалы и их механические свойства

Материал	Термообработка или состояние	Предел текучести σ_T , МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Модуль упругости E , МПа	Твёрдость, не менее	
АЛ 4	Отливка в песчаную форму	100	150	$0,75 \cdot 10^5$	50 НВ	
СЧ 15	-	-	320	$1 \cdot 10^5$	165 НВ	
СЧ 18	-	-	360		170 НВ	
СЧ 28	-	-	480		170 НВ	
ЛАЖМЦ	Отливка в песчаную форму	240	650	$0,9 \cdot 10^5$	160 НВ	
Бр ОЦС		90	165	$0,75 \cdot 10^5$	70 НВ	
Бр А9ЖЗЛ		200	400	$0,9 \cdot 10^5$	100 НВ	
Бр О10Ф1		140	220	$1,1 \cdot 10^5$	80 НВ	
Сталь 35Л	Нормализация	280	500	$2,1 \cdot 10^5$	-	
Сталь 50Л		340	580		-	
Сталь Ст3	Горячекатаная	220	380		-	
Сталь Ст6		300	600		-	
Сталь 35		320	540		207 НВ	
Сталь 45		360	610		220 НВ	
Сталь 45		Улучшенная	650		890	270 НВ
Сталь 45		Закалённая	800		1000	45 HRC
Сталь 40Х	Улучшенная	750	900		270 НВ	
Сталь 40Х	Закалённая	1300	1500		45 HRC	

Нормальное σ и касательное τ напряжения определяются с учётом диаметра винта в опасном сечении, диаметр $d_{\text{оп}}$ которого принимается равным для винта домкрата и винта пресса без канавки $d_{\text{оп}} = d_{\text{п}}$ (рис. 3 и 4); для винта пресса с канавкой $d_{\text{оп}} = d_0 = d_3 - 5$ мм (рис. 3), где d_3 – внутренний диаметр резьбы винта. Размеры пяты принимаются конструктивно.

Если чашка домкрата выполнена по рисунку 4а, то $D_{\text{ч}} = 1,8d$ и $D_{\text{п}} = 0,6d$, а если по рисунку 4б, то $d_{\text{оп}} = d_0$; для винта пресса (рис. 3) $d_{\text{п}} = d_3$. Размеры упорного шарикоподшипника принимают по ГОСТ 6874-89 с учётом его статической грузоподъёмности C_0 . При этом должно соблюдаться условие:

$$C_0 \geq F. \quad (11)$$

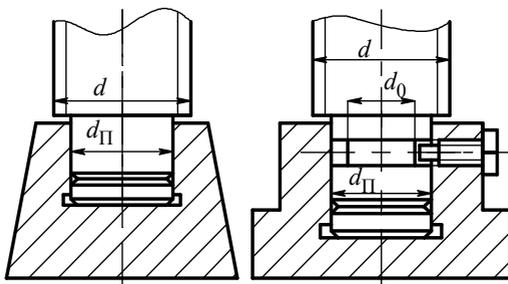


Рис. 3. Конструктивные разновидности концевой части винта пресса

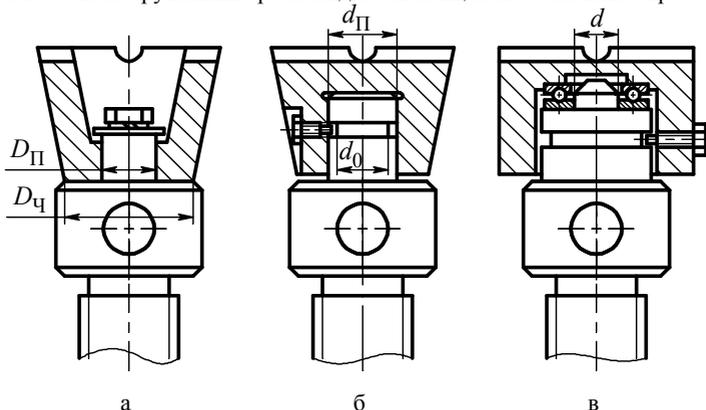


Рис. 4. Конструктивные разновидности чашек домкрата

8. ПРОВЕРКА ВИНТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Сжатые винты проверяют на устойчивость. Проверку необходимо проводить при гибкости винта:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i} \geq \lambda_2, \quad (12)$$

где λ_2 – критическая гибкость сжатого стержня, принимается по таблице 6; μ – коэффициент приведения длины, значения коэффициента для различных сочетаний опор приведены на рисунке 5; L – расчётная длина сжатого участка винта:

$$L = l_{\max} + \frac{H_{\Gamma}}{2}, \quad (13)$$

l_{\max} – максимальная рабочая длина винта (слагаемое $H_{\Gamma}/2$ вводится для учёта зазоров в резьбе); i – радиус инерции поперечного сечения винта, для круглого сечения винта (без учёта ужесточающего действия витков резьбы):

$$i = \frac{d_3}{4}. \quad (14)$$

Таблица 6
Значения коэффициентов a и b в формуле Ясинского и критические гибкости λ_1 и λ_2 сжатого стержня в зависимости от материала винта

Материал винта	a , МПа	b , МПа	λ_1	λ_2
Сталь Ст3	310	1,14	100	70
Сталь Ст4	328	1,11	96	69
Сталь Ст5	350	1,15	92	61
Сталь 45	450	1,67	85	54
Сталь 50	470	1,87	82	48

Одна из опор винта – гайка. Гайку считают шарнирной опорой при $\psi_H = \frac{H_{\Gamma}}{d_2} \leq 2$ и заделкой при $\psi_H > 2$.

При работе домкрата в условиях, когда невозможно предотвратить смещение точки контакта его с объектом в плоскости, перпендикулярной оси домкрата, рекомендуется принимать $\psi_H > 2$. Схема закрепления концов домкрата, соответствующая этому случаю, показана на рисунке 5в.

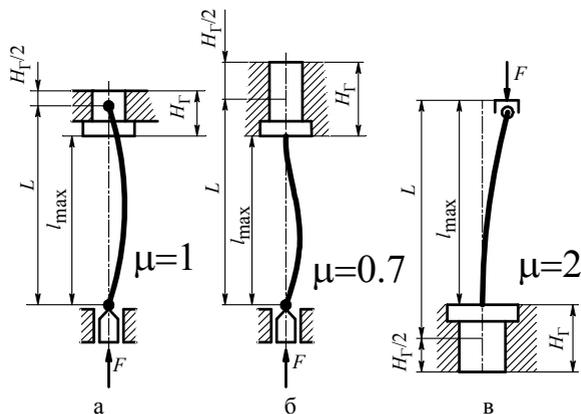


Рис. 5. Коэффициенты приведения длины μ для различных сочетаний опор

При выполнении неравенства:

$$\lambda \geq \lambda_2 \quad (15)$$

проверку винта на устойчивость проводят по условию:

$$s_y = \frac{F_{\text{крит}}}{F} \geq [s_y], \quad (16)$$

где s_y – коэффициент запаса устойчивости; $F_{\text{крит}}$ – критическая сила; $[s_y]$ – минимально допустимый коэффициент запаса устойчивости, $[s_y] = 3 \dots 5$ (меньшие значения при высокой точности определения действующих нагрузок и достоверности расчётной схемы, большие значения, когда возможно внецентренное приложение осевой нагрузки или появление сил, перпендикулярных оси винта).

Если $\lambda \geq \lambda_1$ (табл. 6), то критическая сила находится по формуле Эйлера:

$$F_{\text{крит}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot L)^2}. \quad (17)$$

где E – модуль упругости материала винта (табл. 5); I – момент инерции сечения, для круга $I = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64}$.

Если $\lambda_1 > \lambda > \lambda_2$ (табл. 6), то расчёт критической силы выполняется по формуле Ясинского:

$$F_{\text{крит}} = (a - b \cdot \lambda) \frac{\pi d_3^2}{4}. \quad (18)$$

где a и b – коэффициенты по таблице 6.

9. РАСЧЁТ ГАЙКИ НА ПРОЧНОСТЬ

Высота гайки определена по результатам расчёта резьбы на износостойкость, формула (4). Диаметр D_Γ тела гайки определяется из условия прочности на растяжение в сечении $a-a$ (рис. 1):

$$\sigma_p = \frac{1.3 \cdot F}{\pi/4 \cdot (D_\Gamma^2 - D_4^2)} \leq [\sigma_p], \quad (19)$$

откуда:

$$D_\Gamma^* \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,33 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_p]} + D_4^2} \quad (20)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение растяжения (сжатия, если гайка сжимается), МПа, определяется как отношение предела текучести материала гайки (табл. 5) к коэффициенту безопасности, который берётся равным для бронз 2...3, для чугунов 4...5; D_4 – внутренний диаметр резьбы гайки, мм.

Полученное значение D_{Γ}^* согласуют с ГОСТ 6636-69 (табл. П5), при этом толщина стенки не должна быть меньше 6 мм.

Диаметр бурта $D_{\text{Б}}$ определяется из условия прочности на смятие опорной кольцевой поверхности:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (21)$$

Площадь $A_{\text{см}}$ опорной поверхности следует находить с учётом фаски c (рис. 1). Допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{\text{см}}]$ выбирается по менее прочному материалу (гайки или сопряжённой детали), при этом для бронзы $[\sigma_{\text{см}}] = (0,6 \dots 0,8)\sigma_{\text{T}}$, для чугуна $[\sigma_{\text{см}}] = 0,4\sigma_{\text{в}}$.

Высота бурта гайки принимается $H_{\text{Б}} = (0,25 \dots 0,35)H_{\text{T}}$ и проверяется на срез по сечению $b-b$ (рис. 1):

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{\pi \cdot D_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma}} \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (22)$$

Допускаемое напряжение на срез для бронзы $[\tau_{\text{ср}}] = \tau_{\text{T}}/(2 \dots 3)$, для чугуна $[\tau_{\text{ср}}] = \tau_{\text{в}}/(4 \dots 5)$, причём $\tau_{\text{T}} = (0,6 \dots 0,7)\sigma_{\text{T}}$ и $\tau_{\text{в}} = (1,2 \dots 1,4)\sigma_{\text{в}}$ (табл. 5).

Резьба гайки проверяется на прочность. При этом виток резьбы рассматривается как консольная балка с заделкой. Поскольку балка короткая, то расчёт на изгиб не производят, а ограничиваются расчётом на срез по условию прочности:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot z \cdot b} \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (23)$$

где b – толщина витка у основания (рис. 1), для трапециидальной резьбы $b = 0,65P$, для упорной $b = 0,75P$, для метрической $b = 0,85P$, для прямоугольной $b = 0,5P$.

10. РАСЧЁТ РУКОЯТКИ И МАХОВИКА

В домашних заданиях для передач с ручным приводом усилие одного рабочего при длительной работе принимают равным $F_{\text{раб}} = 100 \dots 160 \text{ Н}$, а при кратковременной работе $F_{\text{раб}} = 250 \dots 300 \text{ Н}$. Длину рукоятки или диаметр маховика определяют, приравнявая момент, создаваемый рабочим, моменту сопротивления вращения.

Диаметр рукоятки рассчитывают из условия прочности на изгиб в наиболее опасном сечении, полагая, что рабочий может кратковременно развить усилие $F_{\text{раб}} = 300 \text{ Н}$.

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{\pi \cdot d_{\text{рук}}^3 / 16} \leq [\sigma_{\text{и}}] \quad (24)$$

откуда

$$d_{\text{рук}}^3 = 3 \sqrt{\frac{16 \cdot M_{\text{и}}}{\pi \cdot [\sigma_{\text{и}}]}} \leq 30 \dots 40 \text{ мм} . \quad (25)$$

Рассчитанный диаметр округляют до целого значения по ГОСТ6636-69.

Схема нагружения рукоятки и эпюра изгибающего момента для него показаны на рисунке 7 в приведённом далее примере расчёта. Коэффициент запаса текучести для рукоятки можно принять $s_{\text{T}} = 1,3$. Если длина рукоятки превышает 1200 мм увеличивают количество рабочих, вращающих винт.

11. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

В винтовых силовых устройствах, помимо рассмотренных, существует целый ряд других деталей (корпус, траверса, стойка, коронка, скоба и т.д.), методические основы расчёта которых аналогичны вышеприведённым. В зависимости от конкретного типа проектируемого устройства эти расчёты должны быть произведены самостоятельно.

По результатам расчётов заполняется таблица 7.

На основе проведённых расчётов выполняют сборочный чертёж винтового устройства с простановкой необходимых габаритных, присоединительных и сопряжённых размеров, составляют спецификацию.

На сборочном чертеже приводят фрагмент резьбовой пары в пределах двух-трёх витков в масштабе не менее 5:1 с обозначением основных размеров резьбы по соответствующему стандарту.

Индивидуальные задания на расчётно-графическую работу приведены в приложении 2.

Таблица 7

Результаты расчёта

Наименование	Обозначение	Величина
Тип резьбы		
Диаметр резьбы, мм	d	
Шаг резьбы, мм	P	
Момент трения в резьбе, Нм	T_P	
Момент трения на пяте, Нм	T_{II}	
Момент трения в чашке, Нм	T_{II}	
Момент на рукоятке, Нм	T	
Высота гайки, мм	H_G	
Наружный диаметр тела гайки, мм	D_G	
Диаметр бурта гайки, мм	D_B	
Высота бурта гайки, мм	H_B	
Напряжение среза в резьбе гайки, МПа	$\tau_{ср}$	
Длина нарезанной части винта, мм		
Запас устойчивости винта	s_y	
Запас прочности винта		
Размеры пяты, мм		
Подшипник упорный шариковый, №		
Длина рукоятки, мм		
Диаметр рукоятки, мм		
Число рабочих		

Перечень стандартов, используемых в работе, указан в таблице П4.

12. ПРИМЕР РАСЧЁТА ПЕРЕДАЧИ ВИНТ – ГАЙКА

Для скрепления пакета листов силой $F = 16000 \text{ Н}$ используют струбцину (рис. 6), винт которой имеет метрическую резьбу с крупным шагом.

Скоба струбцины выполнена из стали Ст3. Максимальная длина винта $l_{\text{max}} = 300 \text{ мм}$. Диаметр головки рукоятки $D_{\text{Г}} = 2d_2$; диаметр торца винта $d_{\text{П}} < (d_1 - 0,144P)$.

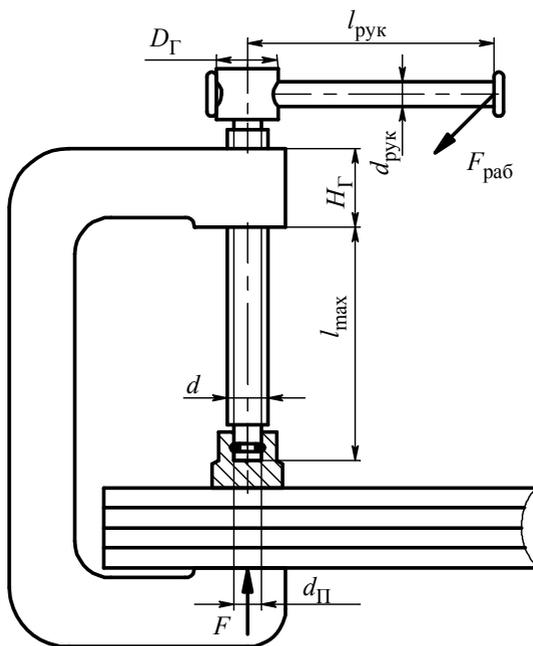


Рис. 6. Струбцина

Требуется:

- определить размеры винта, высоту гайки, размеры рукоятки;
- построить эпюры нормальной силы и крутящего момента для винта.

Решение

1. Передача относится к числу редко работающих, поэтому гайку выполняем за одно целое со скобой из стали Ст3, винт - из горячекатаной стали 45, для которой предел текучести $\sigma_T = 360$ МПа (см. табл. 5).

2. Допускаемое удельное давление в витках резьбы $[q] = 16$ МПа (см. табл. 1).

3. Коэффициент высоты метрической резьбы $\xi_{H_1} = 0,54$, угол наклона рабочей стороны профиля $\gamma = 30^\circ$ (см. табл. 2).

4. Принимаем коэффициент высоты гайки $\psi_H = 1,6$ (рекомендуется $\psi_H = 1,2 \dots 2,5$).

5. Средний диаметр резьбы из условия обеспечения износостойкости по формуле (3):

$$d_2' \geq \sqrt{\frac{16000}{3,14 \cdot 0,54 \cdot 1,6 \cdot 16}} = 19,2 \text{ мм}.$$

6. В соответствии с ГОСТ 24705-81 (по табл. П3) принимаем резьбу М24 ($d = 24$ мм) с крупным шагом. Остальные параметры резьбы: шаг $P = 3$ мм, средний диаметр $d_2 = 22,051$ мм, внутренний диаметр резьбы гайки $D_1 = 20,752$ мм, угол подъема резьбы $\rho = 2^\circ 29'$, диаметр впадин резьбы винта $d_3 = 20,752$ мм.

7. Проверяем выполнение условия самоторможения по формуле (6). Принимаем коэффициент трения в резьбе $f = 0,2$ (табл. 3), тогда приведённый угол трения равен:

$$\rho' = \arctg \frac{0,2}{\cos 30^\circ} = 13,004^\circ$$

условие самоторможения $13,004^\circ > 2,483^\circ$ выполняется. Запас достаточный.

8. Высота гайки $H_\Gamma = \psi_H \cdot d_2 = 1,6 \cdot 22,051 = 35,28$ мм. Принимаем $H_\Gamma = 36$ мм (табл. П5).

9. Диаметр головки рукоятки $D_\Gamma = 2 d_2 = 2 \cdot 22,051 = 44,102$ мм. Принимаем $D_\Gamma = 45$ мм (табл. П5).

10. Диаметр торца винта

$$d_{\Gamma 1} < (d_3 - 0,144P) = 20,752 - 0,144 \cdot 3 = 20,32 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_{\Gamma 1} = 20$ мм (табл. П5).

11. Так как $\psi_H < 2$, то считаем гайку шарнирной опорой. Нижняя опора винта также шарнирная. Расчётная длина сжатого участка винта $L = l_{\max} + H_{\Gamma}/2 = 300 + 36 / 2 = 318$ мм. Радиус инерции $i = d_3 / 4 = 20,752/4 = 5,12$ мм. Гибкость винта $\lambda = \mu L/i = 1 \cdot 318/5,12 = 62,1$. Гибкость больше 54 по таблице 6, поэтому необходима проверка на устойчивость.

12. Величину критической силы находим по формуле Ясинского, так как значение $\lambda = 62,1$ согласно таблице 6 находится между значениями $\lambda_1 = 85$ и $\lambda_2 = 54$, по той же таблице выбираем коэффициенты $a = 450$ и $b = 1,67$:

$$F_{\text{крит}} = (450 - 1,67 \cdot 62,1) \cdot \frac{\pi \cdot 20,752^3}{4} = 2430600H$$

Коэффициент запаса устойчивости по формуле (16) равен:

$$s_y = \frac{2430600}{16000} = 152,$$

запас по устойчивости достаточный.

13. Момент в резьбе по формуле (9):

$$T_p = 16000 \cdot \frac{22,051}{2} \text{tg}(2,483^\circ + 13,004^\circ) = 48880H \cdot \text{мм}$$

14. Момент трения на торце винта по формуле из таблицы 4 при коэффициенте трения на торце $f_{\Pi} = 0,3$ (табл. 3):

$$T_{\Pi} = \frac{1}{3} \cdot 16000 \cdot 0,3 \cdot 20 = 32000H \cdot \text{мм}$$

15. Момент завинчивания:

$$T = T_p + T_{\Pi} = 48880 + 32000 = 80880H \cdot \text{мм}$$

16. Эпюры нормальных сил и крутящих моментов, действующих на винт, приведены на рисунке 7.

17. Находим длину рукоятки $l_{\text{рук}}$. Принимаем при кратковременной работе $F_{\text{раб}} = 300H$. Тогда:

$$l_{\text{рук}} = \frac{T}{F_{\text{раб}}} = \frac{80880}{300} = 269,6 \text{ мм}$$

Принимаем $l_{\text{рук}} = 300$ мм .

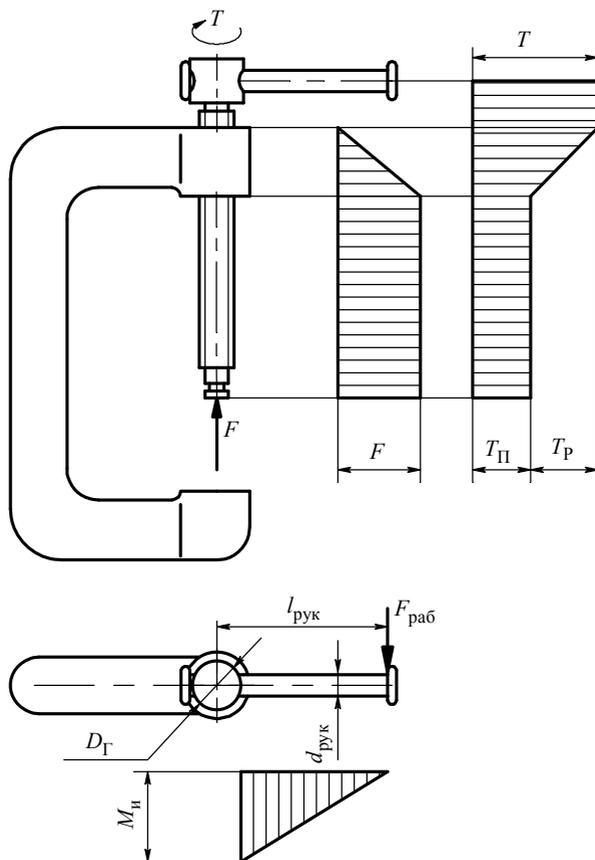


Рис. 7. Эпюры усилий и моментов для винта и изгибающего момента для рукоятки

18. Диаметр рукоятки находим из условия его прочности при изгибе. Принимаем, что кратковременно рабочий может приложить максимальное усилие $F_{раб} = 300 \text{ Н}$. Рукоятка изготовлена из стали 45 с пределом текучести $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$. Допускаемое напряжение при изгибе $[\sigma_{и}] = \sigma_T/1,3 = 360/3 = 277 \text{ МПа}$. При постоянном диаметре рукоятки опасным будет сечение, в котором действует максимальный изгибающий момент (см. эпюру на рис. 7). Для этого сечения:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W} = \frac{F_{\text{раб}} \left(l_{\text{рук}} - \frac{D_{\Gamma}}{2} \right)}{0,1d_{\text{рук}}^3} \leq [\sigma_{\text{и}}]$$

откуда:

$$d_{\text{рук}} \geq \sqrt[3]{\frac{10F_{\text{раб}} \left(l_{\text{рук}} - \frac{D_{\Gamma}}{2} \right)}{[\sigma_{\text{и}}]}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 300 \cdot \left(300 - \frac{45}{2} \right)}{277}} = 14,43 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем $d_{\text{рук}} = 15$ мм (таблица П5).

Расчёт к.п.д. винтового устройства студент выполняет самостоятельно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюняев, А.В. Детали машин [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Тюняев, В.П. Звездаков, В.А. Вагнер. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 736 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5109>.

2. Гулиа, Н.В. Детали машин [Электронный ресурс]: учебник / Н.В. Гулиа, В.Г. Клоков, С.А. Юрков. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5705>.

3. Остяков, Ю.А. Проектирование деталей и узлов конкурентоспособных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Остяков, И.В. Шевченко. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 336 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30428>.

4. Справочник конструктора: Учебно-практическое пособие: В 2 книгах Книга 1. Машины и механизмы / Фещенко В.Н., – 2-е изд., переб. и доп. - М.:Инфра-Инженерия, 2017. – 400 с.: 60x84 1/8 (Переплёт) ISBN 978-5-9729-0084-8 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/906490>

5. Справочник конструктора: Учебно-практическое пособие: В 2 книгах Книга 2. Машины и механизмы / Фещенко В.Н., – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Инфра-Инженерия, 2017. – 400 с.: 60x84 1/8 (Переплёт) ISBN 978-5-9729-0085-5 – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/906491>

Справочные материалы

Таблица III
Упорная резьба по ГОСТ 10177-82. Размеры, мм

<i>d</i>	<i>P</i>	<i>D</i> ₄	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i>	<i>P</i>	<i>D</i> ₄	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃
10	2	7,0	8,5	6,53	44	7	33,5	38,75	31,85
12, 14	2	9,0	10,5	8,53	12	12	26,0	35,00	23,17
	3	7,5	9,75	6,79	48, 46, 50	3	43,5	45,75	42,79
16, 18	2	13,0	14,5	12,53	8	8	36,0	42,00	34,12
	4	10,0	13,0	9,06	12	12	30,0	39,00	27,17
20	2	17,0	18,5	16,53	52	3	47,5	49,75	46,79
	4	14,0	17,0	13,06	8	8	40,0	46,00	38,12
24, 22, 26	3	19,5	21,75	18,79	12	12	34,0	43,00	31,17
	5	16,5	20,25	15,32	60, 55	3	55,5	57,75	54,79
	8	12,0	18,00	10,12	9	9	46,5	53,25	44,38
28	3	23,5	25,75	22,79	14	14	39,0	49,50	35,70
	5	20,5	24,25	19,32	70, 65	4	64,0	67,00	63,06
	8	16,0	22,00	14,12	10	10	55,0	62,50	52,65
32, 30	3	27,5	29,75	26,79	16	16	46,0	58,00	42,23
	6	23,0	27,50	21,59	80, 75	4	74,0	77,00	73,06
	10	17,0	24,50	14,65	10	10	65,0	72,50	62,65
36, 34	3	31,5	33,75	30,79	16	16	56,0	68,00	52,23
	6	27,0	31,50	25,59	90, 85	4	84,0	87,00	83,06
	10	21,0	28,50	18,65	12	12	72,0	81,00	69,17
40, 38, 42	3	35,5	37,75	34,79	18	18	63,0	76,50	58,76
	7	29,5	34,75	27,85	20	20	60,0	75,00	55,29
	10	25,0	32,50	22,65	100, 95	4	94,0	97,00	93,06
44	3	39,5	41,75	38,79	12	12	82,0	91,00	79,17
					20	20	70,0	85,00	65,29

Таблица П2

Трапецидальная однозаходная резьба по ГОСТ 9484-81.

Размеры, мм

d	P	D_4	d_2	d_3	d	P	D_4	d_2	d_3
10	1,5	10,3	9,25	8,2	44	3	44,5	42,5	40,5
	2	10,5	9,00	7,5		7	45,0	40,0	36,0
12, 11, 14	2	12,5	11,0	9,5	48, 46	12	45,0	38,0	31,0
	3	12,5	10,5	8,5		3	48,5	46,5	44,5
16, 18	2	16,5	15,0	13,5	52, 52	8	49,0	44,0	39,0
	4	16,5	14,0	11,5		12	49,0	42,0	35,0
20	2	20,5	19,0	17,5	60, 55	3	52,5	50,5	48,5
	4	20,5	18,0	15,5		8	53,0	48,0	43,0
24, 22, 26	3	24,5	22,5	20,5	70, 65	12	53,0	46,0	39,0
	5	24,5	21,5	18,5		3	60,5	58,5	56,5
	8	25	20,0	15,0		9	61,0	55,5	50,0
28	3	28,5	26,5	24,5	80, 75	14	62,0	53,0	44,0
	5	28,5	25,5	22,5		4	70,5	68,0	65,5
	8	29,0	24,0	19,0		10	71,0	65,0	59,0
32, 30, 34	3	32,5	30,5	28,5	90, 85, 95	16	72,0	62,0	52,0
	6	33,0	29,0	25,0		4	80,5	78,0	75,5
	10	33,0	27,0	21,0		10	81,0	75,0	69,0
36	3	36,5	34,5	32,0	100	16	82,0	72,0	62,0
	6	37,0	33,0	29,0		4	90,5	88,0	85,0
	10	37,0	31,0	25,0		12	91,0	84,0	77,0
40, 38, 42	3	40,5	38,5	36,5		18	92,0	81,0	70,0
	7	41,0	36,5	32,0		4	100,5	98,0	95,5
	10	41,0	35,0	29,0		12	101,0	94,0	87,0
						20	102,0	90,0	78,0

Таблица ПЗ

Метрическая резьба по ГОСТ 24705-81. Размеры, мм

d	d_2	d_3	P	d	d_2	d_3	P
8	7,188	6,647	1,25	30	27,727	26,211	3,5
9	8,188	7,647	1,25	33	30,727	29,211	3,5
10	9,026	8,376	1,5	36	33,402	31,670	4
11	10,026	9,376	1,5	39	36,402	34,670	4
12	10,863	10,106	1,75	42	39,077	37,129	4,5
14	12,701	11,835	2	45	42,077	40,129	4,5
16	14,701	13,835	2	48	44,752	42,587	5
18	16,376	15,294	2,5	52	48,752	46,587	5
20	18,376	17,294	2,5	56	52,428	50,046	5,5
22	20,376	19,294	2,5	60	56,428	54,046	5,5
24	22,051	20,752	3	64	60,103	57,505	6
27	25,051	23,752	3	68	64,103	61,505	6

Таблица П4

Стандарты, используемые в работе

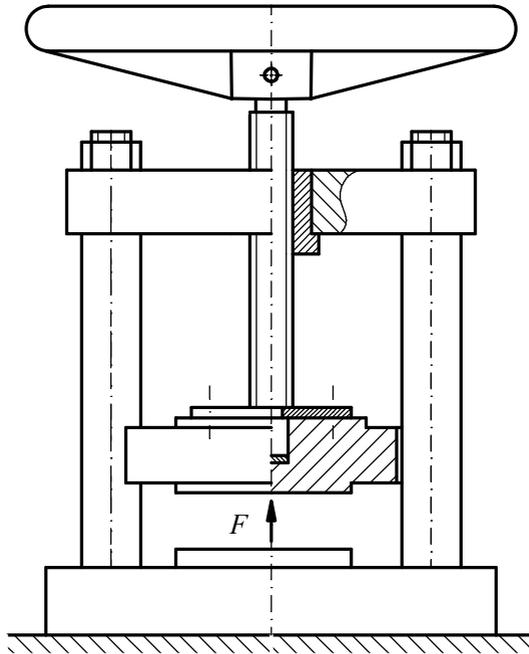
ГОСТ	Содержание стандарта
380-88	Сталь углеродистая обыкновенного качества
493-79	Бронзы безоловянистые литейные
613-79	Бронзы оловянистые литейные
1050-88	Сталь углеродистая качественная конструкционная
1412-85	Отливки из серого чугуна
1476-93	Винты установочные с коническим концом
1478-93	Винты установочные с цилиндрическим концом
1482-84	Винты установочные с квадратной головкой и цилиндрическим концом
1585-85	Антифрикционные чугуны
6636-69	Нормальные литейные размеры
6874-89	Подшипники шариковые упорные однорядные
24705-81	Резьба метрическая
9484-81	Резьба трапецидальная одноходовая
10177-82	Резьба упорная
2.104-2006	ЕСКД. Основные надписи
2.105-95	ЕСКД. Общие требования к текстовым документам
2.108-68	ЕСКД. Спецификация

Таблица П5

Нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636-69

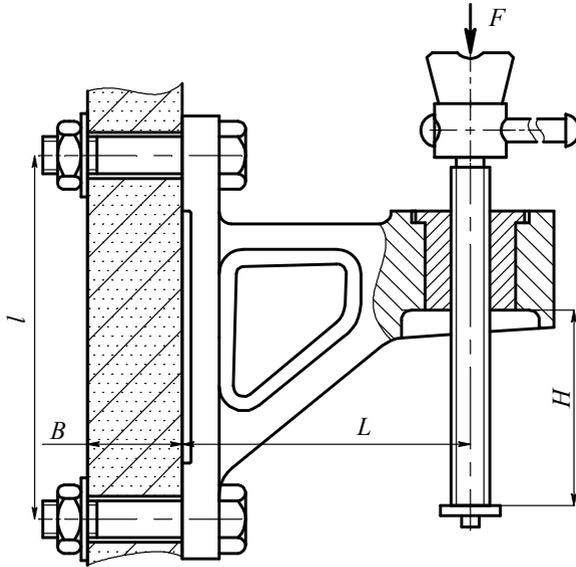
Ряды				Доп. раз- меры	Ряды				Доп. раз- меры
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	
10	10	10	10	10,2	63	63	56	56	52
			10,5	10,8			60	60	55
12	12	12	11	11,2	100	100	63	63	58
			11,5	11,8			67	67	62
			12	12,5			71	71	65
			13	13,5			75	75	70
16	16	16	14	14,5;	160	160	80	80	73
			15	15,5			85	85	78
			16	16,5			90	90	82
			17	17,5			95	95	88
			18	18,5			100	100	92
			19	19,5			105	105	98
25	25	25	20	20,5	200	200	110	110	102
			21	21,5			115	115	108
			22	23			120	120	112
			24	27			125	125	118
			26	29			130	130	135
			28	31			140	140	145
			30	33			150	150	155
			32	35			160	160	165
40	40	40	34	37	200	200	170	170	175
			36	39			180	180	185
			38	41			190	190	195
			42	44			200	200	205
			45	46			210	210	215
			48	49			220	220	230
50	50	50	50	53			240	240	
			53						

ЗАДАНИЕ № 1



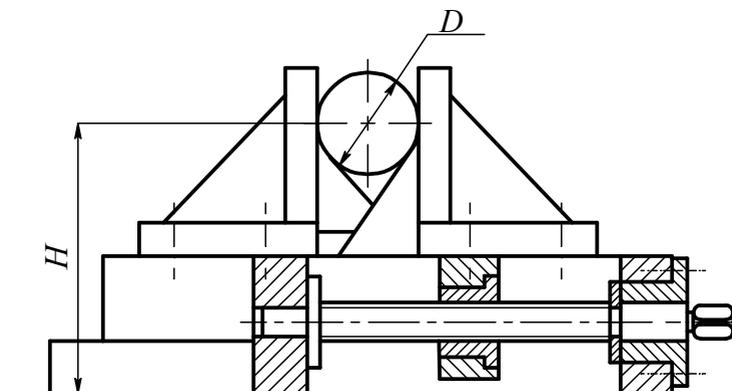
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Усилие прессования F , кН	17	32	48	64	80
Наибольшее осевое перемещение винта, мм	300	350	400	450	500
Тип резьбы	упорная	трапец.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь Ст3 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 улучшенная	Сталь 40X улучшенная	Сталь 40X закалённая
Материал гайки	СЧ 15	СЧ 18	СЧ 28	ЛАЖМС	БрОЦС

ЗАДАНИЕ № 2



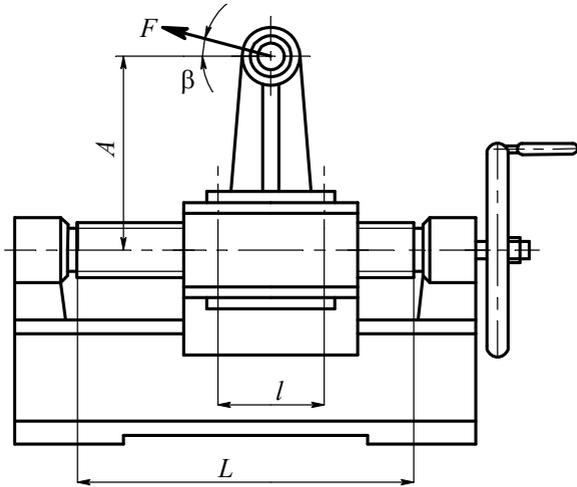
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшая нагрузка F , кН	25	18	22	30	40
Высота подъёма H , мм	300	400	350	550	500
Вылет L , мм	400	450	500	600	700
Расстояние между болтами l , мм	450	400	450	600	650
Толщина стены B , мм	400	500	600	500	300
Материал стены	бетон	кирпич	бетон	кирпич	бетон
Тип резьбы	упорная	трапец.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь 35Л нормализованная	Сталь 3 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 40Х улучшенная	Сталь 40Х закалённая
Материал гайки	АЛ 4	СЧ 28	БрОЦС	СЧ 15	Бр О10Ф1

ЗАДАНИЕ № 3



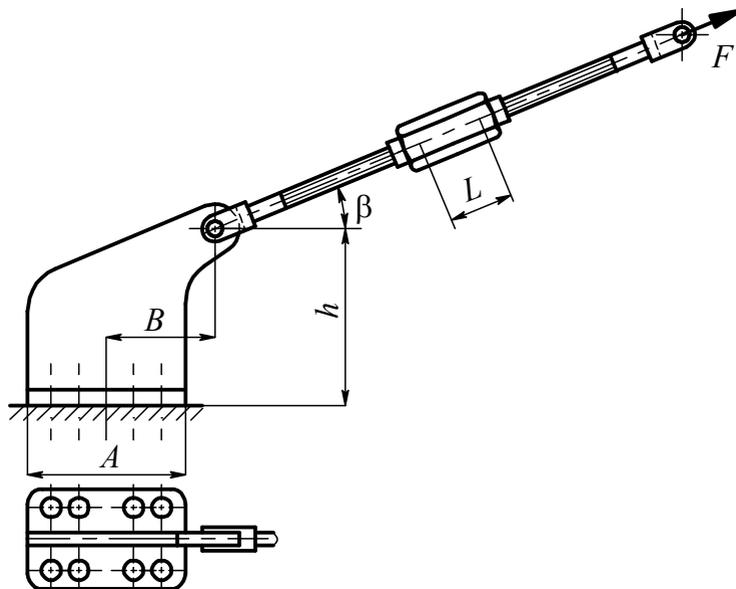
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Усилие зажима F , кН	1,5	2,5	1,0	2,0	3,0
Максимальный диаметр заготовки D , мм	200	300	150	250	350
Минимальный диаметр заготовки d , мм	20	20	30	50	40
Высота оси заготовки H , мм	300	450	350	380	450
Тип резьбы	упорная	трапец.	метрич.	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь 50Л нормализованная	Сталь 3 горячекатаная	Сталь Ст6 горячекатаная	Сталь 40Х улучшенная	Сталь 45 улучшенная
Материал гайки	АЛ 4	СЧ 28	БрА9ЖЗЛ	СЧ 15	Бр О10Ф1

ЗАДАНИЕ № 4



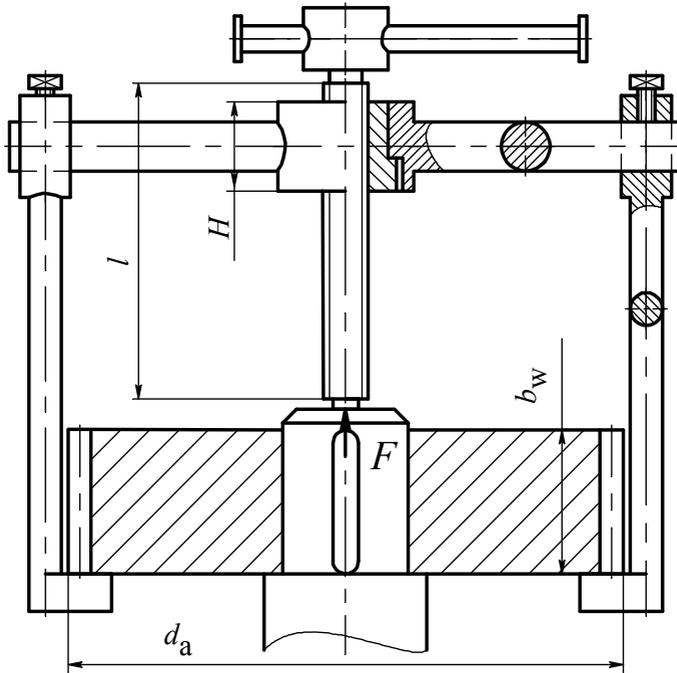
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшая нагрузка F , кН	10	40	35	25	60
Угол наклона β , градус	15	45	30	60	75
Длина винта L , мм	500	450	250	400	560
Расстояние между болтами l , мм	100	150	100	150	140
Тип резьбы	упорная	трапец.	метрич.	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь 50Л нормализованная	Сталь 3 горячекатаная	Сталь Ст6 горячекатаная	Сталь 40Х улучшенная	Сталь 45 улучшенная
Материал гайки	АЛ 4	СЧ 28	БрА9ЖЗЛ	СЧ 15	Бр О10Ф1
Расстояние от оси винта до точки приложения силы A , мм	150	200	250	300	350

ЗАДАНИЕ № 5



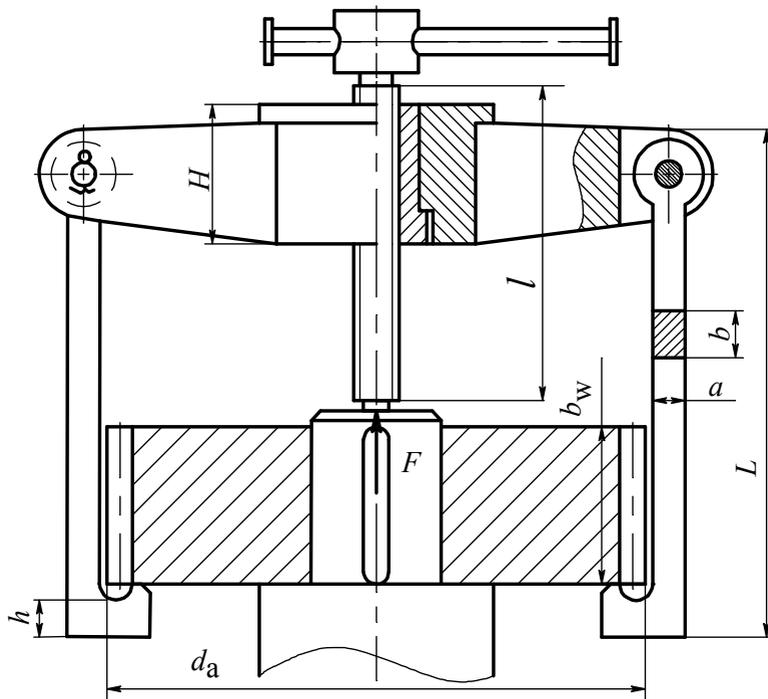
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Действующее усилие F , кН	10	18	26	32	40
Высота h , мм	200	250	300	400	450
Расстояние B , мм	100	150	200	200	300
Длина основания A , мм	300	400	250	200	400
Угол наклона β , градус	30	15	45	60	75
Длина стяжки L , мм	100	150	200	250	300

ЗАДАНИЕ № 6



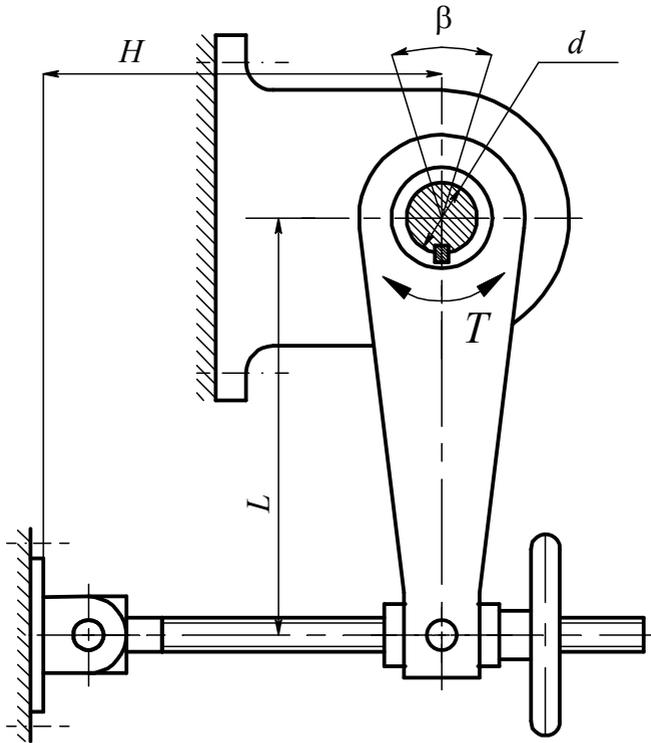
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшее усилие F , кН	20	30	40	50	60
Диаметр колеса d_a , мм	300	350	450	550	250
Максимальное осевое перемещение винта, мм	100	140	200	180	120
Материал и термообработка винта	Сталь Ст3 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 закалённая	Сталь 40X улучшенная	Сталь 40X закалённая
Материал гайки	АЛ 4	СЧ 15	СЧ 18	СЧ28	Бр А9Ж3Л

ЗАДАНИЕ № 7



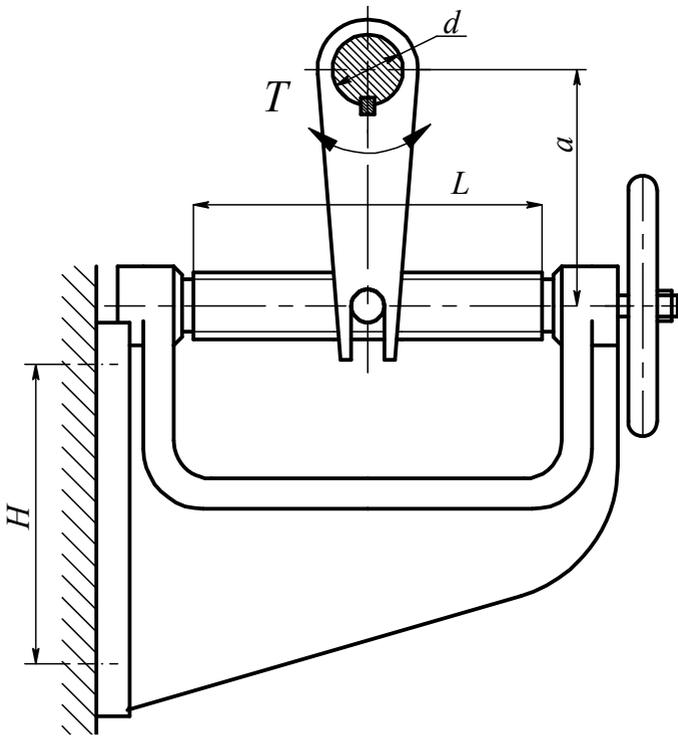
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшее усилие F , кН	15	35	45	50	55
Диаметр колеса d_a , мм	560	450	350	200	250
Максимальное осевое перемещение винта, мм	200	175	125	100	250
Материал и термообработка винта	Сталь Ст3 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 закалённая	Сталь 40X улучшенная	Сталь 40X закалённая
Материал гайки	БрОЦС	СЧ 15	СЧ 18	СЧ28	Бр А9ЖЗЛ

ЗАДАНИЕ № 8



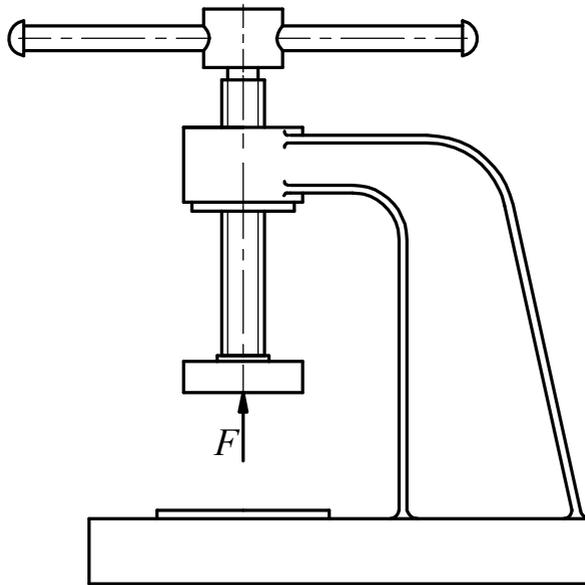
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Крутящий момент на приводном валу T , Нм	1000	1500	2000	2500	3000
Угол поворота вала β , градусы	10	20	30	15	18
Длина винта H , мм	конструктивная				
Плечо рычага L , мм	1000	800	600	400	700
Диаметр вала d , мм	40	45	50	55	60

ЗАДАНИЕ № 9



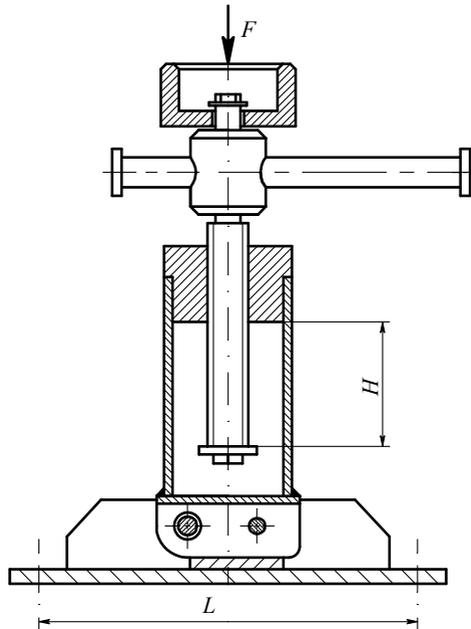
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Крутящий момент на приводном валу T , Нм	1500	2000	2500	3000	4000
Межосевое расстояние a , мм	800	600	1000	1200	900
Длина винта L , мм	конструктивная				
Расстояние между крепёжными болтами H , мм	200	250	300	350	400
Диаметр вала d , мм	40	45	50	55	60

ЗАДАНИЕ № 10



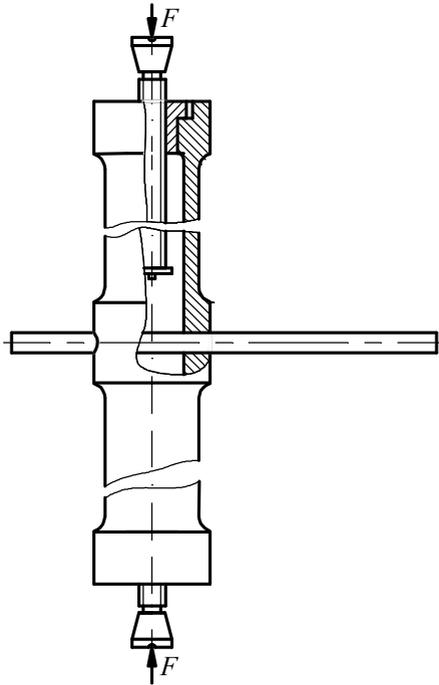
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшая сила прессования F , кН	30	17	39	23	34
Наибольшее осевое перемещение винта, мм	200	300	400	350	450
Тип резьбы	трапец.	метрич.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь Ст6 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 закалённая	Сталь 40Х улучшенная	Сталь 40Х закалённая
Материал гайки	БрОЦС	СЧ 15	ЛАЖМЦ	СЧ28	Бр А9ЖЗЛ

ЗАДАНИЕ № 11



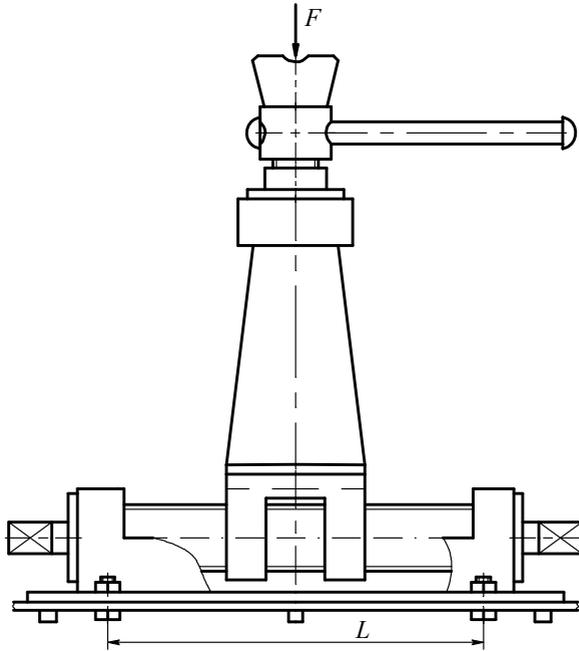
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Грузоподъёмность F , кН	100	45	120	75	50
Высота подъёма H , мм	500	400	300	450	600
Расстояние между крепёжными болтами L , мм	200	250	300	350	400
Тип резьбы	упорная	метрич.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь Ст6 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 закалённая	Сталь 40X улучшенная	Сталь 40X закалённая
Материал гайки	СЧ 18	СЧ 15	ЛАЖМЦ	БрОЦС	Бр А9ЖЗЛ

ЗАДАНИЕ № 12



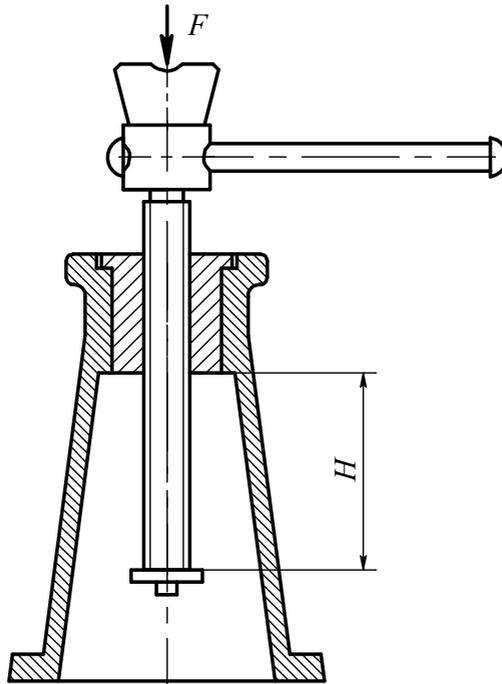
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Наибольшая сила распора F , кН	50	40	60	20	30
Наибольшее осевое перемещение одного винта, мм	200	300	400	500	450
Тип резьбы	упорная	трапец.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал и термообработка винта	Сталь 45 горячекатаная	Сталь 35 горячекатаная	Сталь 45 закалённая	Сталь 45 улучшенная	Сталь 40X закалённая
Материал гайки	СЧ 28	ЛАЖМЦ	БрОЦС	Бр А9ЖЗЛ	БрО10Ф1

ЗАДАНИЕ № 13



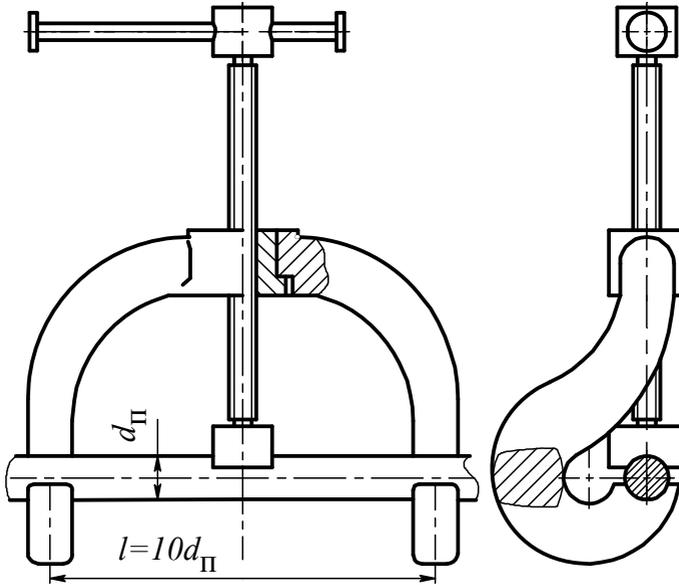
Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Грузоподъёмность F , кН	50	42	30	45	36
Высота подъёма H , мм	200	400	300	450	350
Горизонтальный ход домкрата, мм	200	300	350	400	500
Расстояние между фундаментными болтами L , мм	250	350	400	450	550
Тип резьбы грузового винта	упорная	трапец.	упорная	трапец.	прямоугольная
Материал гайки грузового винта	СЧ 28	ЛАЖМЦ	БрОЦС	Бр А9ЖЗЛ	СЧ 18

ЗАДАНИЕ № 14



Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Грузоподъёмность F , кН	50	35	20	80	28
Высота подъёма H , мм	400	450	300	350	500
Тип резьбы	упорная	трапец.	метрич.	прямоугольная	упорная
Материал гайки	СЧ 15	СЧ 18	Бр А9ЖЗЛ	СЧ 28	ЛАЖМЦ
Конструкция чашки домкрата	на упорном шарикоподшипнике	со сплошной пятой	с кольцевой пятой	на упорном шарикоподшипнике	со сплошной пятой

ЗАДАНИЕ № 15



Наименование	Вариант				
	1	2	3	4	5
Диаметр прутка $d_{\text{п}}$, мм	22	32	18	36	40
Материал прутка	Сталь Ст6	Сталь 20	Сталь 45	Сталь 40Х	Сталь 50
Материал винта	Сталь Ст3 горячекат аная	Сталь Ст6 горячекат аная	Сталь 50Л нормализ ованная	Сталь 40Х улучшен ная	Сталь 45 закалённ ая
Материал гайки	СЧ 15	СЧ 18	Бр А9ЖЗЛ	БрО10Ф1	ЛАЖМЦ
Материал скобы	СЧ 15	СЧ 18	СЧ 21	СЧ 18	СЧ 21
Тип резьбы	упорная	трапец.	метрич.	прямоуго льная	трапец.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Требования к оформлению и содержанию	3
2. Последовательность выполнения	4
3. Общие сведения о передаче	4
4. Критерии работоспособности передачи	5
5. Проектный расчёт передачи из условия износостойкости	6
6. Проверка обеспечения условия самоторможения в резьбе	8
7. Проверка прочности винта	9
8. Проверка винта на устойчивость	13
9. Расчёт гайки на прочность	15
10. Расчёт рукоятки и маховика	17
11. Результаты расчётов и оформление работы	17
12. Пример расчёта передачи винт-гайка	19
Библиографический список	24
Приложение 1	25
Приложение 2	29

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА
ВИНТОВОЕ УСТРОЙСТВО.
РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов всех направлений подготовки бакалавриата
и специальностей*

Сост.: *А.В. Большунов, А.Ю. Кузькин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
механики

Ответственный за выпуск *А.В. Большунов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 28.06.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,6. Усл.кр.-отт. 2,6. Уч.-изд.л. 2,0. Тираж 75 экз. Заказ 637. С 235.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2