

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Общеинженерные дисциплины»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВИНТОВОЙ ПАРЫ

Методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по теории механизмов и машин для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки:

- 35.03.06 - «Агроинженерия»,
- 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов»,
- 20.03.01 «Техносферная безопасность»,
- 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства»

Казань, 2017

УДК 621.01
ББКМ 018

Составители: Яхин С.М., Мудров А. П., Пикмуллин Г.В., Гургенидзе
З.Д., **Киямов И. М.**

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис»
Абдрахманов Р.К.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиноведение и инженерная графика» КНИТУ-КАИ
Сайманов Р.Г.

Учебно-методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по теории механизмов и машин обсуждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины» Казанский ГАУ (протокол №4 от 08.11.2016 года) и на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета (протокол № 3 от 10.11.2016г).

Яхин С. М. Определение коэффициента полезного действия винтовой пары: Учебно-методические указания для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по теории механизмов и машин / С. М. Яхин, А. П. Мудров, Г. В. Пикмуллин, З.Д. Гургенидзе - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. – 16 с.

Учебно-методические указания предназначены для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Теория механизмов и машин» и способствуют формированию компетенций для направлений подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 20.03.01 «Техносферная безопасность» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

УДК 621.01
ББКМ 018

©Казанский государственный аграрный университет, 2017г.

Лабораторная работа №1

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВИНТОВОЙ ПАРЫ

1 Цель и теоретические предпосылки проведения работы

1.1 Цель работы.

Аналитическое определение коэффициента полезного действия (КПД) винтовой пары.

Экспериментальным путем определить коэффициент полезного действия (КПД) винтовой пары (винт-гайка) и сравнить его с КПД, полученным теоретическим способом.

Исследовать влияние угла подъема винтовой пары на значение КПД.

1.2 Общие сведения о винтовых парах

Винтовые передачи служат для преобразования вращательного движения винта в осевое поступательное движение гайки, и наоборот. Они с успехом используются как силовые механизмы (подъемные и грузовые), предназначенные для перемещения груза, а также в качестве механизмов управления. Конструктивно различают передачи скольжения и передачи качения, в которых между витками гайки и винта располагают шарики.

В механизмах, машинах и приборных устройствах, предназначенных для получения точных осевых перемещений, получили распространение ходовые винтовые передачи, которые имеют резьбу трапецеидального профиля, реже прямоугольного, с большим углом подъема резьбы.

Если винтовой механизм используется как установочный или регулировочный, то в таком случае применяют резьбу с малым шагом треугольного профиля.

1.2 Теоретические предпосылки проведения работы.

Экспериментальное определение КПД винтовой пары основано на следующем. Пусть винт 1 (Рисунок 1а) вращается в гайке 2 с постоянной скоростью под действием момента M и поднимает груз G .

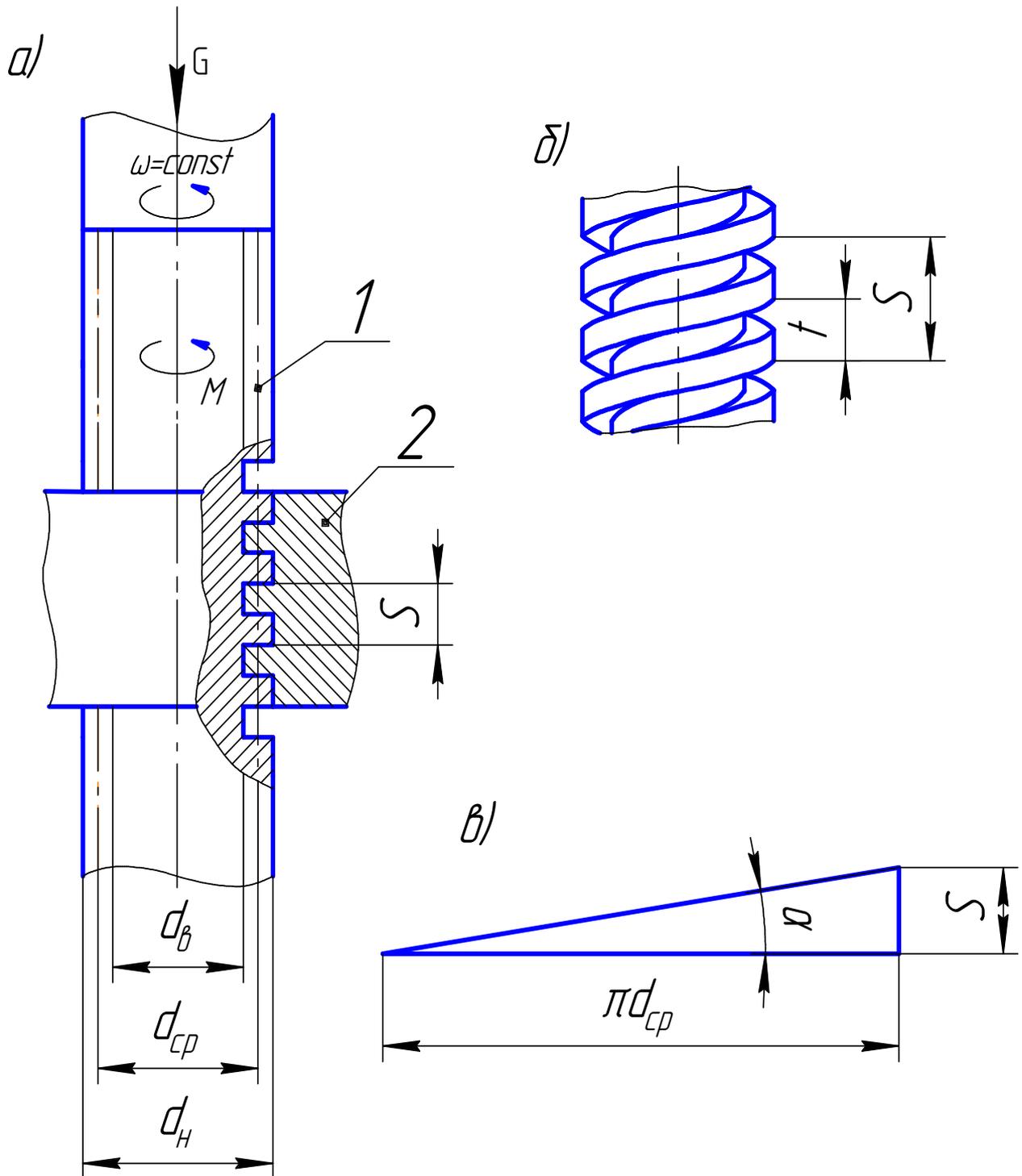


Рисунок 1 – К определению КПД винтовой пары (а – винтовая пара с прямоугольной резьбой, б – винт, в – развертка винтовой линии).

Полезная работа $A_{плз}$, совершаемая за один оборот, определяется по формуле (в Дж)^{*)}

$$A_{плз} = G \cdot S,$$

где G - вес груза, Н; S - шаг винтовой линии, м (Рисунок 1б).

При этом затраченная работа (Дж)

$$A_{зам} = M \cdot 2\pi,$$

где M - момент, приложенный к винту, Нм; число π можно принять равным 3,14.

КПД определяется из выражения

$$\eta = \frac{A_{плз}}{A_{зам}}.$$

Оно же, после подстановки значений $A_{плз}$ и $A_{зам}$

$$\eta = \frac{G \cdot S}{2\pi \cdot M}. \quad (1)$$

Задавая значениями G для данной винтовой пары с известным шагом $S^{**})$ и измеряя при этом экспериментальным путем соответствующее значение момента M , по формуле (1) находят КПД.

Теоретическим способом определяют КПД винтовой пары, основываясь на теории движения ползуна по наклонной плоскости. В этом случае аналитическая зависимость для КПД (при подъеме груза) имеет вид

$$\eta' = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\varphi)}, \quad (2)$$

где α - угол подъема винтовой линии, φ - угол трения скольжения в паре гайка – винт.

*) 1 Дж = 1 Нм

**). Следует различать шаг винтовой линии S и шаг резьбы t (Рисунок 1б). Для однозаходной резьбы $S = t$, двухзаходной $S = 2t$ и трехзаходной $S = 3t$.

Угол α определяется из выражения (Рисунок 1 в)

$$tg\alpha = \frac{s}{\pi \cdot d_{cp}},$$

отсюда
$$\alpha = arctg\left(\frac{s}{\pi \cdot d_{cp}}\right).$$

Здесь
$$d_{cp} = \frac{d_n + d_g}{2},$$

где, d_{cp} - средний, d_n - наружный (винта) и d_g - внутренний (гайки) диаметры винтовой линии.

Угол трения скольжения
$$\varphi = arctg \mu$$

где μ - коэффициент трения скольжения (находится экспериментальным способом или берется из справочной литературы). Для стали по стали $\mu=0,11$; для бронзы по стали $\mu=0,10$.

Для треугольной (метрическая, трубная цилиндрическая) или трапециодальной резьбы

$$\varphi = arctg\left(\frac{\mu}{\cos\beta}\right),$$

где, β - половина угла между боковыми сторонами профиля резьбы (Рисунок 2)^{xx}

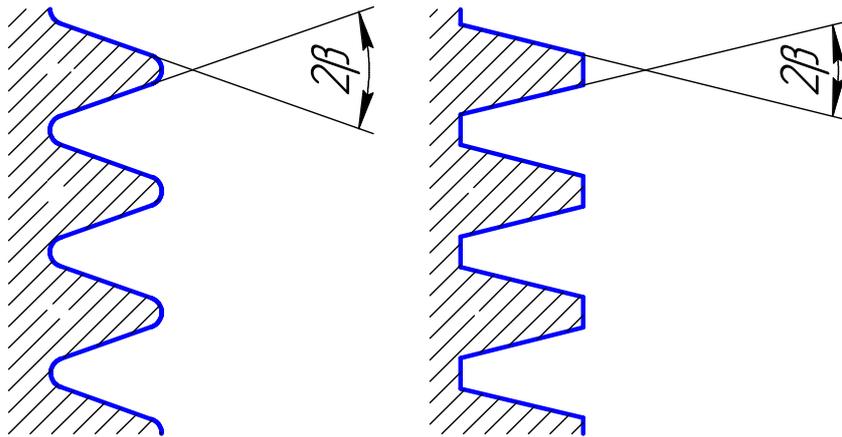


Рисунок 2 – Профиль резьбы (а – треугольный и б – трапециодальный)

^{xx} - Для метрической резьбы (в нашем случае) $\beta = 30^0$, трубной цилиндрической $\beta=27,5^0$ и трапециодальной $\beta=15^0$.

2 ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 Лабораторная установка. Представляет из себя учебную установку для определения КПД винтовых пар, разработанную СКБ МВ и ССО под шифром ТММ – 33М (рисунок 3).

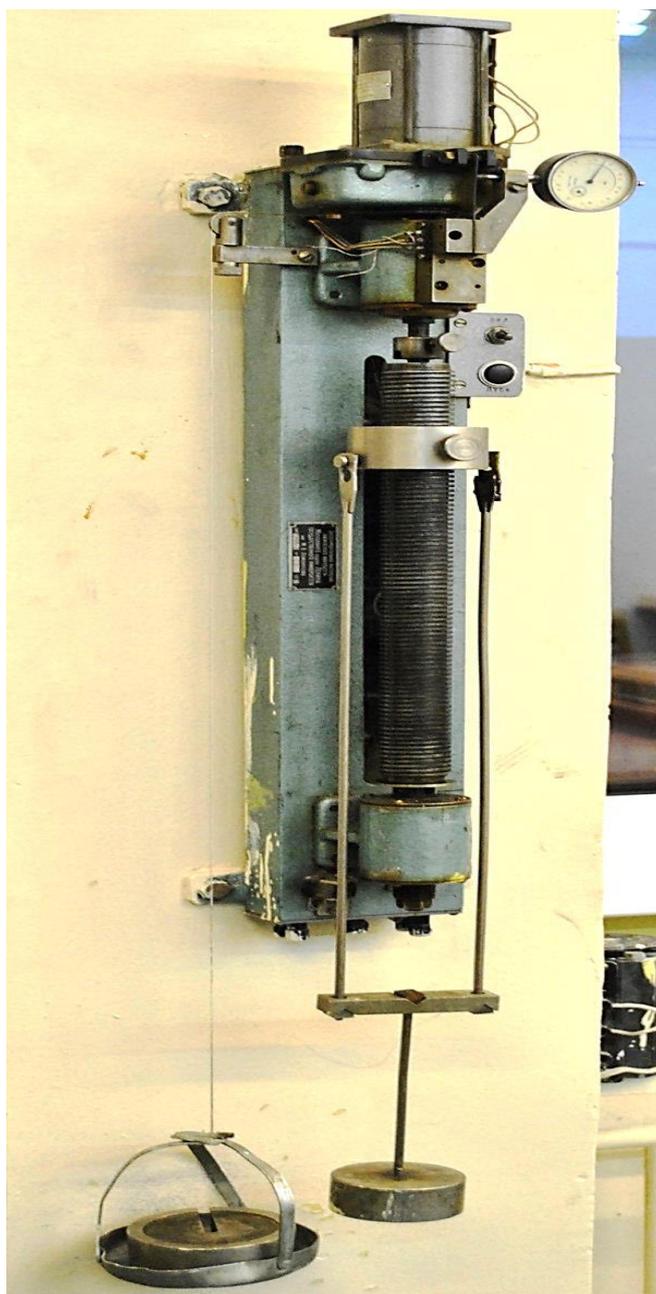


Рисунок 3 – Лабораторная установка ТММ – 33М

Основные технические данные установки:

1. Предусмотрено определение КПД для следующих пар:

№ 1 – резьба метрическая - М 42 х 4,5,

№ 2 – резьба прямоугольная однозаходная - прям. 42 х 4,5,

№ 3 – резьба прямоугольная трехзаходная – прям. 42 х (3 х 8).

2. Материал всех винтов - Сталь 45,

материал сменных гаек – вкладышей – Сталь 20, Бронза ОЦС 5-5-5

3. Вращение винта от электропривода – реверсивное, полуавтоматическое, частота вращения, мин^{-1} – 60.

4. Рабочий ход гайки вдоль винта, мм - 800.

5. Осевая нагрузка, Н – 30, 50, 80 и 100.

6. Максимальный момент на выходном валу привода, Нм – 1,0.

Установка (Рисунок 3) состоит из мотор редуктора 1, корпус которого через фланец 2 и подшипники 3 свободно подвешен к раме 4, съемного винта 5 с гайкой 6, к которой на подвеске 7 крепится сменный груз 9, и нижней опоры 8.

От проворачиваемости гайка 6 предохраняется ползуном 10, хвостовик 11 которого может включать концевые выключатели 12 и 13.

Корпус мотор-редуктора через рычаг 14 связан с пластинчатой пружиной 15, прогиб которой фиксируется индикатором 16.

При включении установки ротор электродвигателя через редуктор начинает вращать винт 5 и перемещать гайку 6 вместе с грузом 9. При этом реактивный момент стремится повернуть корпус мотор-редуктора 1 в противоположную сторону и через рычаг 14 деформирует пружину 15 и отклоняет стрелку индикатора 16. По величине отклонения стрелки индикатора судят о значении момента M .

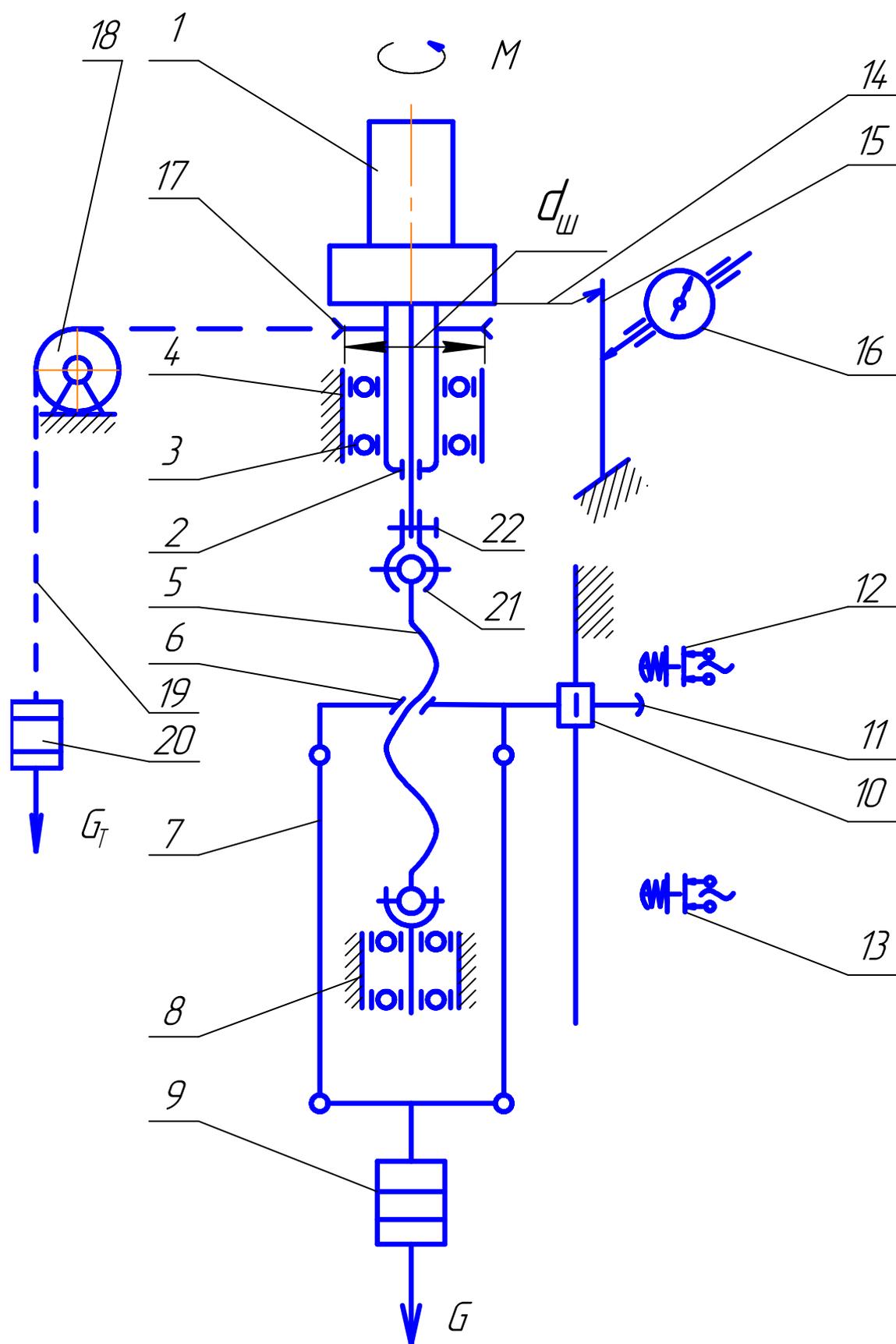


Рисунок 3 – Схема установки

Для тарировки шкалы индикатора в единицах момента служат жестко закрепленный на корпусе редуктора шкив 17 диаметром $d_{ш}=60$ мм, шарнирно установленный на раме ролик 18, съемный тросик 19 и груз 20. При тарировке исследуемый винт с гайкой снимают и, меняя по величине груз 20, замечают отклонение стрелки индикатора. Затем строят тарировочный график $C = f(M_m)$, где C - отклонение стрелки индикатора (дел.) и M_m - тарировочный момент (Нм), определяемый по формуле

$$M_m = 0,5d_{ш} \cdot G_m = 0,03 \cdot G_m.$$

По этому графику, зная показания индикатора (отклонение стрелки), находится искомый момент M и подставляется в формулу (1). Затем, подставив в эту же формулу заданный вес и замеренный шаг винта, вычисляют искомый КПД винтовой пары.

2.2 Порядок проведения работы.

1. Ознакомиться с теоретической частью работы и устройством лабораторной установки.

2. Подготовить бланк таблицы (см. приложение) записей опытных данных.

3. Построить по указанной выше методике тарировочный график $C = f(M_m)$.

4. Вставить в установку выбранный (указанный преподавателем) винт 5 с гайкой 6, закрепить верхнюю отодвигающуюся муфту 21 зажимным винтом 22. Гайку 6 опустить в самое нижнее положение и на ней подвесить груз массой 3 кг (вес его $G = mg = 30$ Н). Тумблером включить электропитание.

5. Нажатием на кнопку “Пуск” включить двигатель, за время движения вверх три раза снять отсчеты по шкале индикатора и занести их в таблицу.

6. Сменить последовательно грузы на 5, 8 и 10 кг (путем комбинации добавочными грузами) и снять отсчеты для каждого груза (см. п. 4 п. 5).

7. Заменить гайку (из другого материала) и провести те же испытания, что и с первой гайкой.

8. Провести обработку полученных данных в соответствии с изложенной теоретической частью работы и приведенной таблицей.

9. Вычертить графики изменения КПД от веса груза, т.е. $\eta = f(G)$.

10. Сопоставить экспериментальные значения КПД с расчетными, найденными по формуле (2),

11. Исследовать с помощью ЭВМ влияние угла подъема винтовой линии на значение КПД, т.е. $\eta' = f(\alpha)$. Для чего ввести в программу исходные данные (η , β , $0 \leq \alpha \leq 85^\circ$, шаг просчета $\Delta\alpha$), сделать расчет и получить требуемые значения КПД. При этом предусмотреть вывод значений, как в численном, так и в графическом виде.

3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование работы.
2. Схема установки.
3. Расчетные формулы и вычисления.
4. Таблица.
5. Графики.
6. Результаты расчета КПД на ЭВМ с указанием вводимых параметров.
7. Выводы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

а) основная литература

1. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 2008. – 269с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 2007. - 640с.
3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 2009. – 592с.
4. Теория механизмов и механика машин / под ред. К.В.Фролова. –М.: Высшая школа, 2005. – 496с.

б) дополнительная литература

1. Коровин Ю.В. Теория механизмов и машин. Учебное пособие для вузов. - Казань, Изд.-во Фэн, 2003. – 396 с.
2. Мудров П.Г. Курсовое проектирование по теории Механизмов и машин. Казань, 2004. - 136с.
3. Машнев М.М., Красковский Е.Я., Лебедев П.А. Теория механизмов и машин и детали машин. – СПб.: Машиностроение, 2005. – 507с.
4. Горев Э.А. Типовой лабораторный практикум по теории механизмов и машин. М.: Машиностроение, 2002. – 214с.