

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»  
Кафедра прикладной механики

## СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания к практической работе по механике  
для студентов направлений 280700.62, 140100.62,  
специальности 130101.65 и по прикладной механике  
для студентов специальности 130400.65

Составители В. Н. Ермак  
С. В. Герасименко

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 11 от 29.05.2013

Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
специальности 130101.65  
Протокол № 9 от 03.06.2013

Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2013

## ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – научиться выявлять и устранять избыточные связи в механизмах.

С этой целью студентам предлагается несколько моделей механизмов (задания см. на с. 5). Для каждой модели определяется число избыточных связей. Если избыточные связи есть, их устраняют. Определение числа избыточных связей называется структурным анализом, устранение – структурным синтезом.

### КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Подвижное соединение двух звеньев механизма называется кинематической парой. В парах, допускающих взаимное скольжение звеньев (а в данной работе будут только такие), каждая точка касания порождает одну связь. В результате, сколько точек касания, столько связей.

Точки касания, необходимые и достаточные для того, чтобы взаимное движение звеньев, допускаемое этими точками, было таким же, как при всех точках, называются *активными* связями, все остальные – *пассивными*. Для дальнейшего важно лишь число активных связей  $S$  (табл. 1).

Таблица 1. Кинематические пары и схемы их связей.

$S$	Схема пары	Схема активных связей	$S$	Схема пары	Схема активных связей
1	 Шар-плоскость		4	 Шаровая со штифтом	
2	 Цилиндр-плоскость		4	 Цилиндрическая	
2	 Шар-цилиндр		5	 Поступательная	
3	 Шаровая		5	 Вращательная	
3	 Плоскостная		5	 Винтовая	

В общем случае механизму нужны не все активные связи, содержащиеся в его кинематических парах. Необязательные или, просто, лишние из этих связей называются *избыточными*. Это те же пассивные связи, но только для механизма.

При неточных звеньях (а абсолютно точных изделий в природе не существует) избыточные связи вызывают в механизме внутренние напряжения со всеми вытекающими отсюда отрицательными последствиями. Вот почему необходимо уметь выявлять и устранять эти связи.

Основной метод решения указанной задачи базируется на структурной формуле механизма и называется алгебраическим. Согласно структурной формуле, число избыточных связей

$$q = W + S_{\Sigma} - 6n, \quad (1)$$

где  $W$  – число степеней свободы механизма;  $S_{\Sigma}$  – суммарное число активных связей в кинематических парах;  $n$  – число подвижных звеньев.

Число степеней свободы механизма равно минимальному количеству координат, замораживание которых лишает механизм подвижности относительно его стойки. В качестве координат удобно использовать расстояния и углы между звеньями. Другие параметры структурной формулы в пояснениях не нуждаются.

При синтезе в структурную формулу подставляют требуемые значения  $q$ ,  $W$  и  $n$ . По условиям синтеза механизм не должен иметь избыточных связей, поэтому  $q$  принимают равным нулю. Остальные параметры  $-W$  и  $n$  – в известных пределах произвольны, в данной лабораторной работе их принимают такими, как в исходном механизме. По принятым структурным параметрам вычисляют необходимое число связей:

$$S_n = 6n - W + q \quad (2)$$

Полученное значение  $S_n$  раскладывают по кинематическим парам. В синтезируемом механизме кинематических пар столько же, сколько их в исходном механизме. Остановившись на одном из вариантов раскладки, строят механизм.

Произвольная ориентация подставляемых кинематических пар не гарантирует получения механизма, удовлетворяющего ус-

ловиям синтеза. Подставляя пары, необходимо следить, во-первых, за тем, чтобы механизм получился кинематически эквивалентным исходному; во-вторых, за тем, чтобы получилось требуемое число степеней свободы  $W$ . Если одно из указанных требований не выполняется, то изменяют ориентацию подставляемой пары или ориентацию других пар. Если не помогает ни то, ни другое, то берут пару другого вида с тем же числом связей.

**Пример.** Требуется выявить и устранить избыточные связи в механизме, изображенном на рис. 1.

Структурные параметры механизма таковы:  $W = 1$ ;  $n = 3$ , число кинематических пар – 4; все пары пятисвязные (числа связей в парах указаны на рисунке – римскими цифрами). Суммарное число связей  $s_z = 20$ . При этом число избыточных связей

$$q - w + s_z - 6n = 1 + 20 - 6 \cdot 3 = 3.$$

Для новых структурных схем предложенного механизма примем:  $q = 0$ ,  $w = 1$  и  $n = 3$ . Тогда необходимое число связей

$$s_n = 6n - w + q = 6 \cdot 3 - 1 + 0 = 17.$$

Семнадцать связей раскладываются по четырём кинематическим парам в следующих трёх вариантах:

$$5, 5, 5, 2; \quad 5, 5, 4, 3; \quad 5, 4, 4, 4.$$

Все другие варианты раскладки связей являются перестановками найденных. Перестановки во внимание не принимаем. Правильный механизм, построенный в соответствии с наиболее трудным третьим вариантом, показан на рис. 2. Третий вариант считается трудным, т. к. требует наибольшего числа изменений.

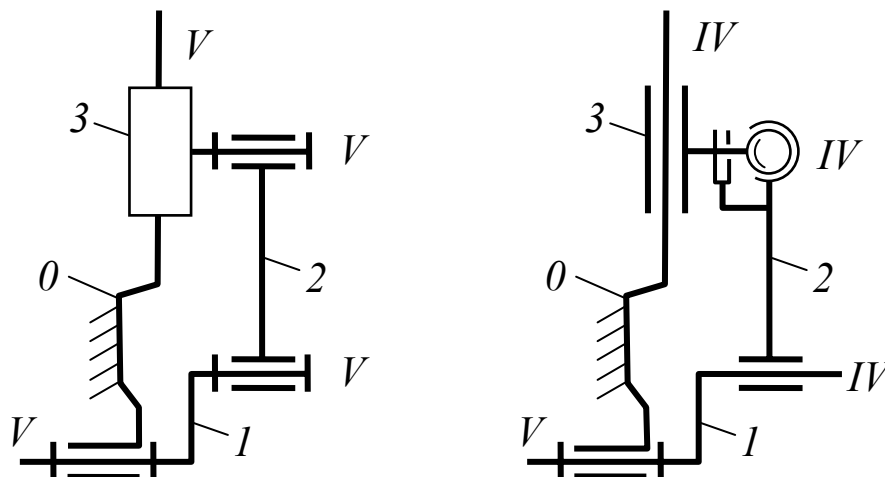


Рис. 1

Рис. 2

### Порядок работы

1. Взять с полки первый из предложенных механизмов.
2. Изобразить от руки схему механизма так, как она дана в задании.
3. Определить число связей в каждой кинематической паре и проставить это число римскими цифрами на одной из проекций схемы.
4. По формуле (1) определить число избыточных связей  $q$ .
5. Если  $q = 0$ , то поставить механизм на место и взять следующий.
6. Если  $q \neq 0$ , то по формуле (2) вычислить  $S_n$ .
7. Разложить  $S_n$  по кинематическим парам.
8. По результатам разложения построить не менее двух схем механизма. На всех схемах проставить римскими цифрами числа связей кинематических пар.

### Оформление отчета

Отчёт по работе должен содержать схемы предложенных механизмов с анализом их на наличие избыточных связей и схемы видоизмененных механизмов без таких связей. Отчет выполняется на листах формата **A4**

### Рекомендуемая литература

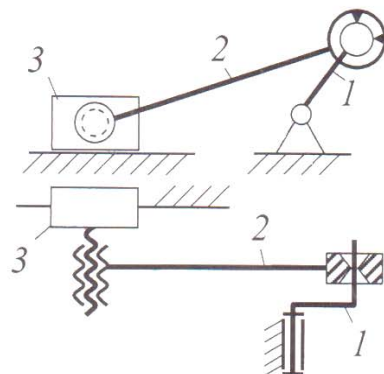
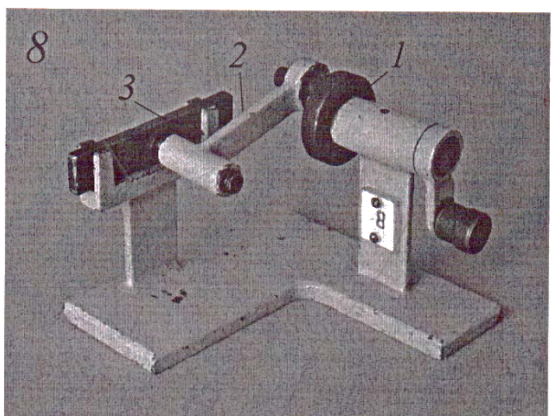
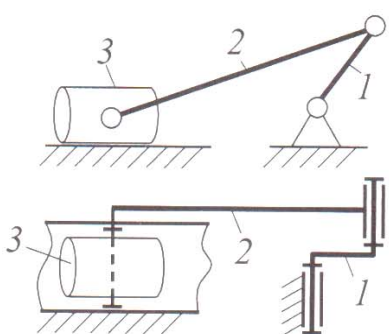
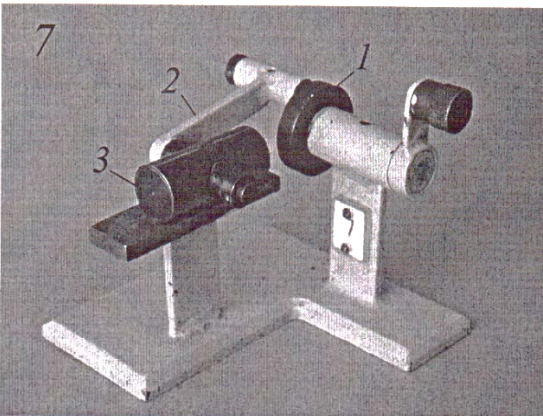
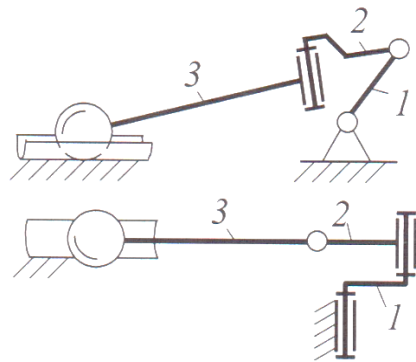
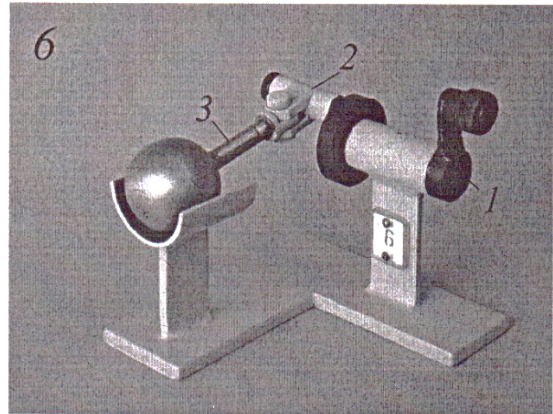
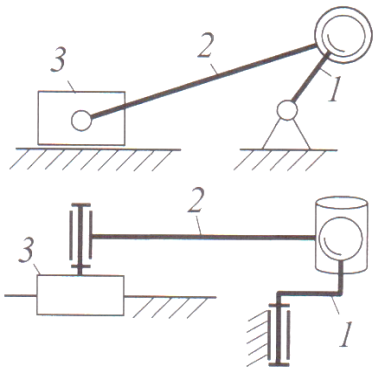
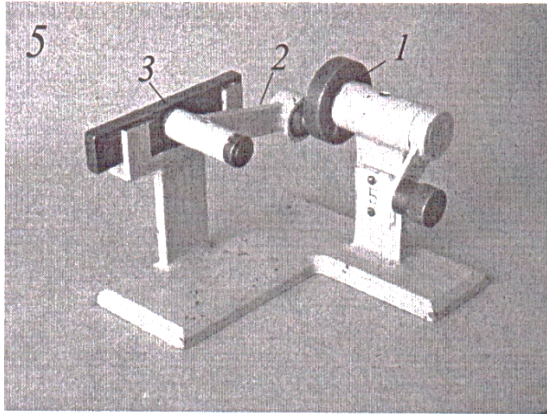
Ермак, В. Н. Теория механизмов и машин (краткий курс): учеб. пособие / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2011. – 164 с.

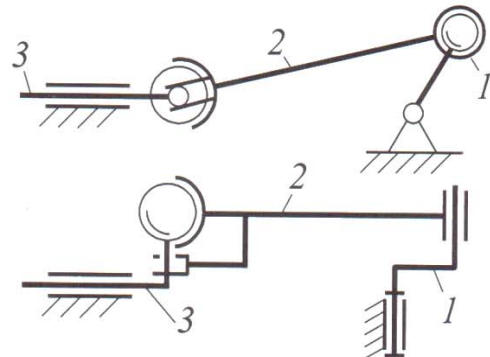
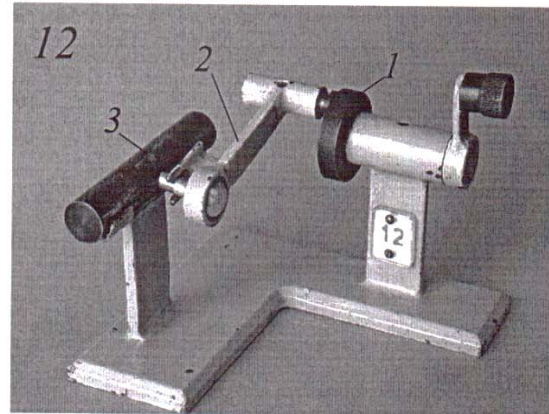
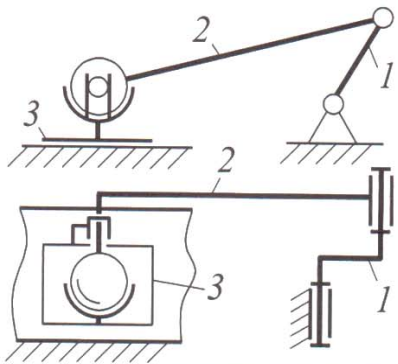
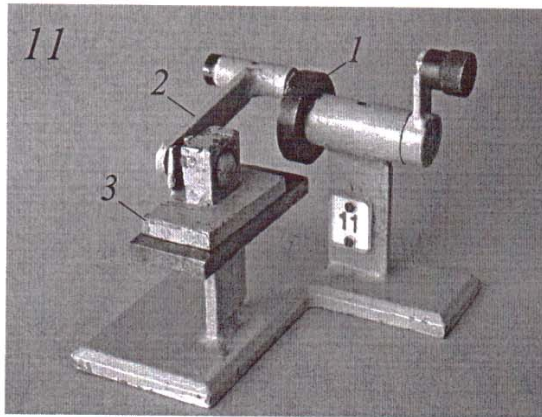
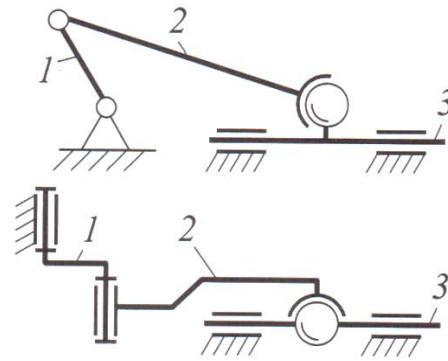
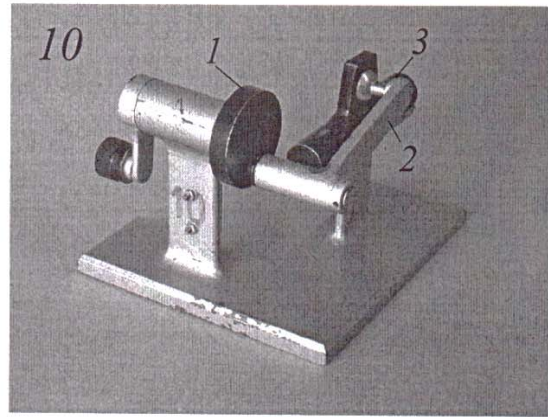
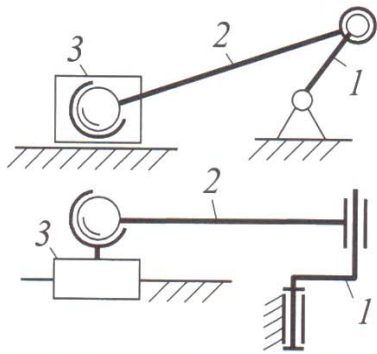
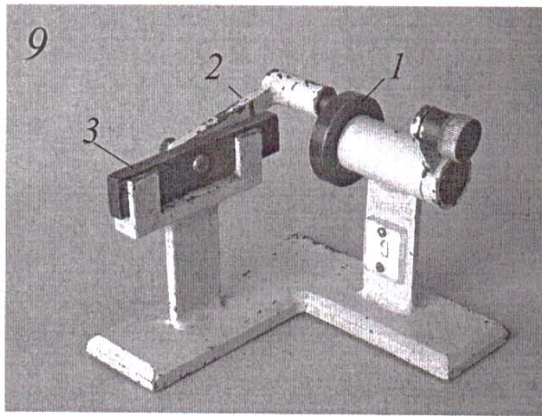


Задания

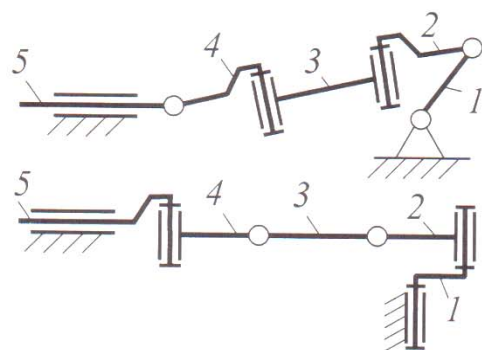
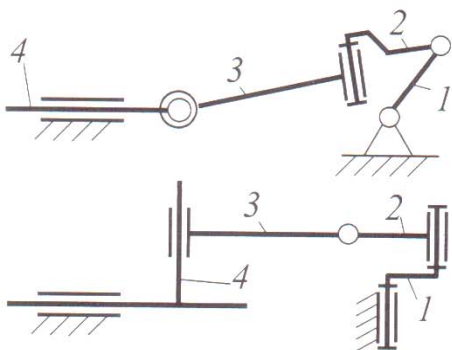
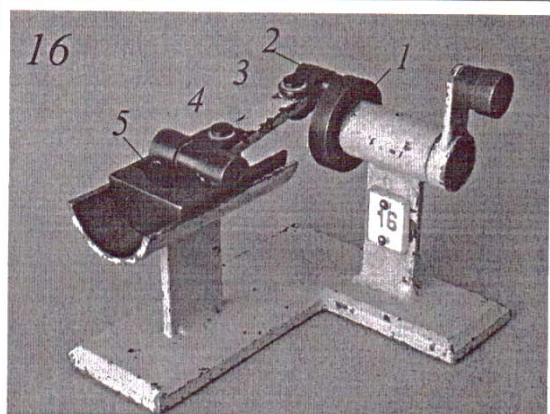
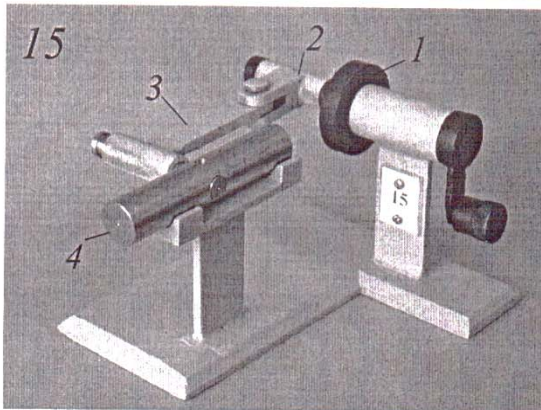
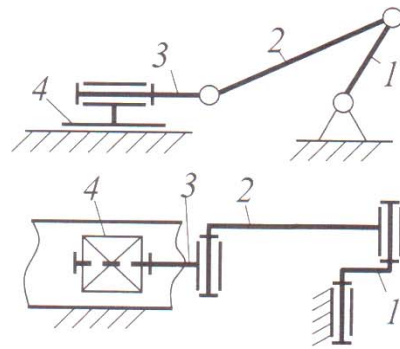
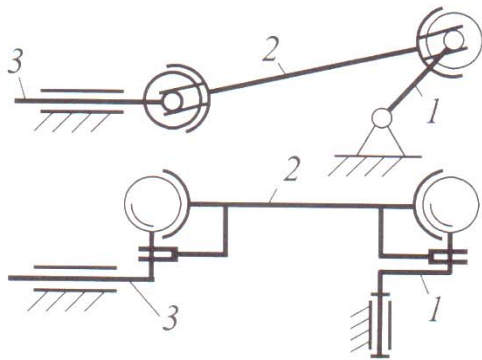
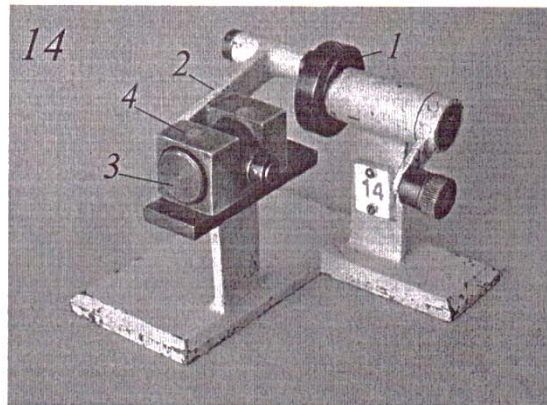
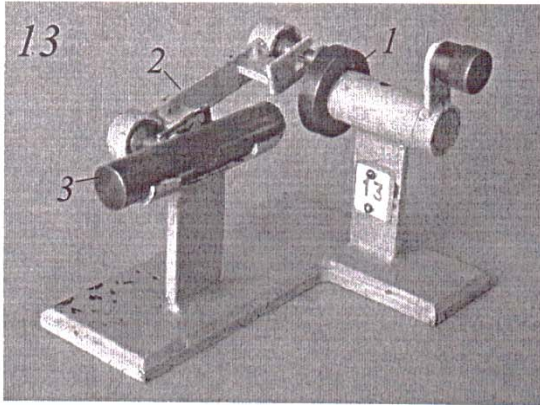
<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>

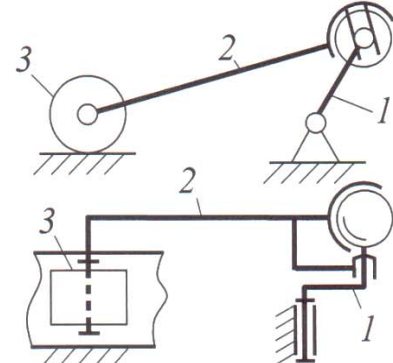
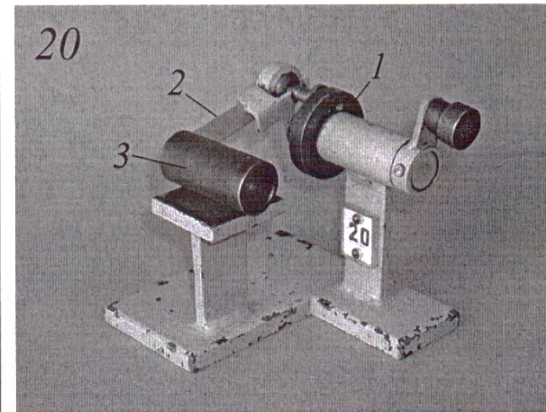
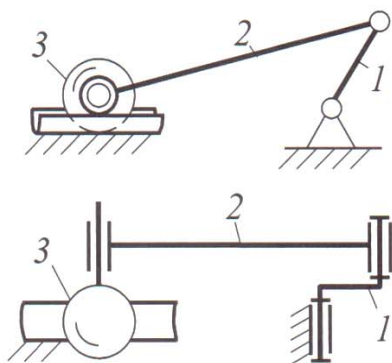
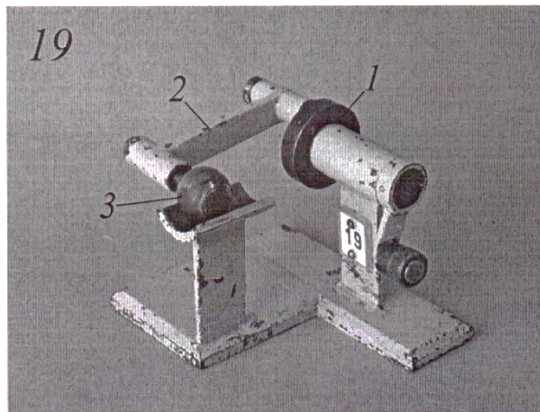
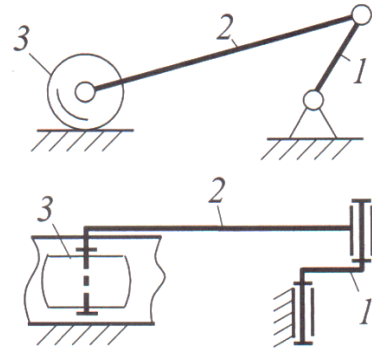
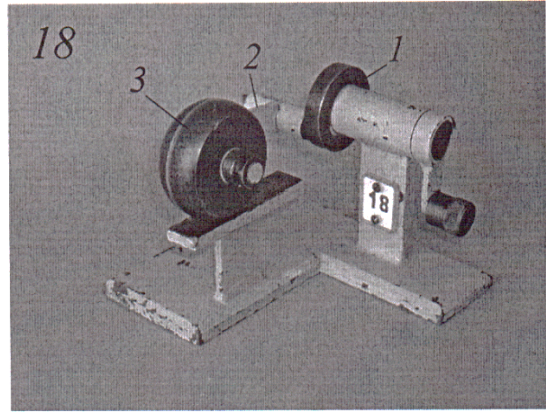
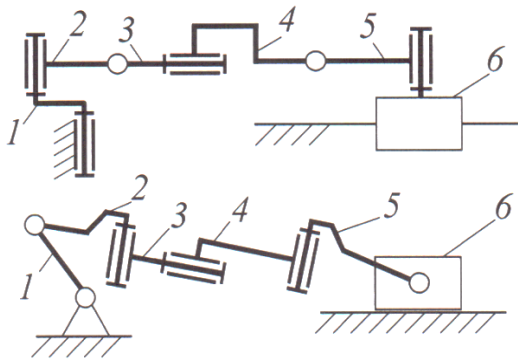
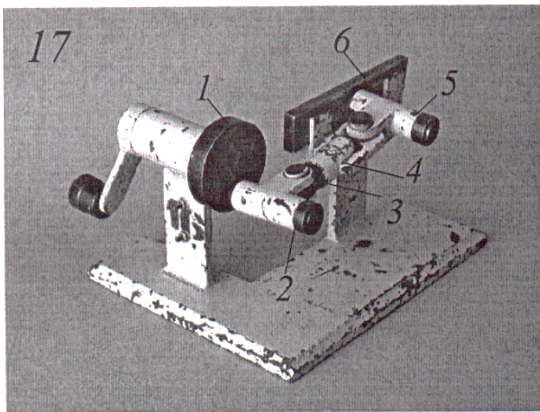






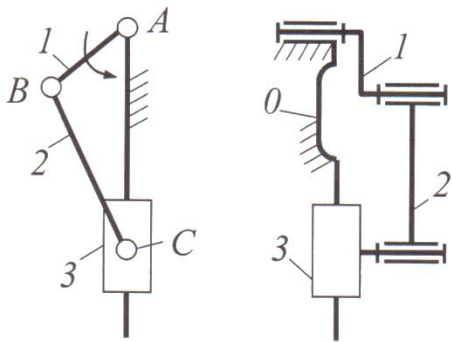
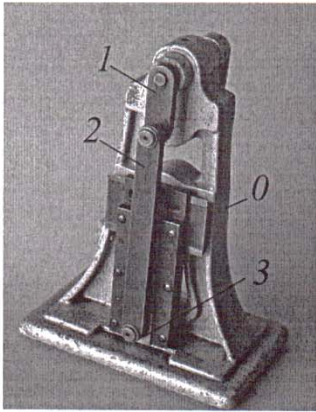




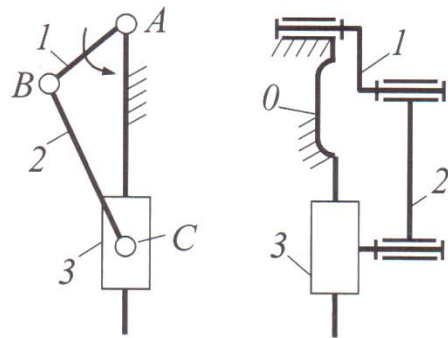
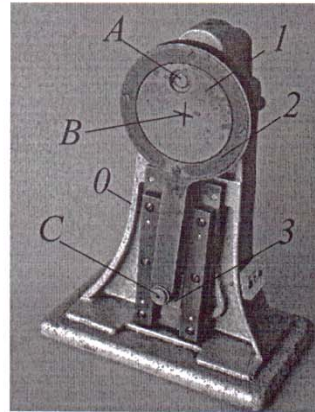




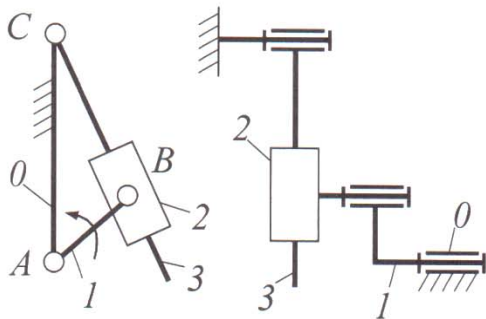
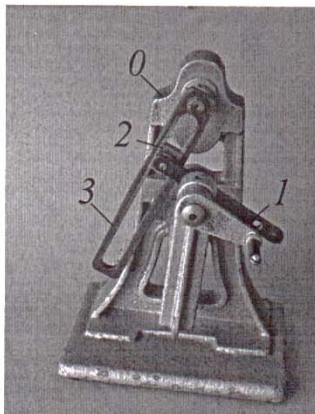
21



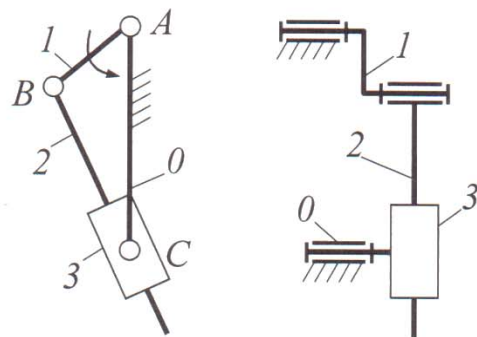
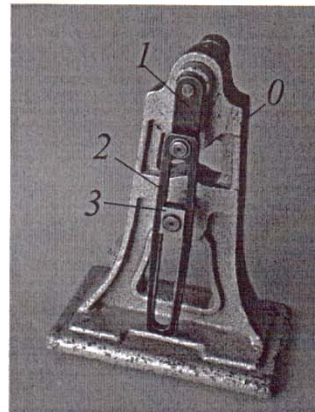
22



23



24





Составители

Ермак Владимир Николаевич  
Герасименко Сергей Владимирович

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ  
МЕХАНИЗМОВ**

Методические указания к практической работе по механике  
для студентов направлений 280700.62, 140100.62,  
специальности 130101.65 и по прикладной механике  
для студентов специальности 130400.65

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 27.06.2013. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 0,7  
Тираж 101 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28  
Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а