

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

Кафедра механики

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

УДК 531.01 (073)

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА:** Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *А.В. Большунов, Е.В. Шишкин*. СПб, 2019. 36 с.

Приведены методические указания и варианты расчетных заданий на курсовую работу по второй части курса «Теоретическая и прикладная механика».

Предназначены для студентов бакалавриата направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Научный редактор проф. *В.Л. Трушко*

Рецензент проф. *В.Г. Мельников* (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2019

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовая работа является заключительным этапом изучения дисциплины «Теоретическая и прикладная механика» и представляет собой набор заданий, выполнение которых способствует обобщению и закреплению теоретических знаний, полученных студентами, и применению этих знаний для решения практических инженерных задач.

Курсовая работа позволяет развить навыки использования технической и справочной литературы, государственных стандартов, прикладных программ по автоматизированному расчету и проектированию.

Знания и навыки, полученные при выполнении курсовой работы по дисциплине «Теоретическая и прикладная механика», в дальнейшем способствуют успешному решению студентами различных инженерно-технических задач в курсовом проектировании по специальным дисциплинам и при выполнении дипломного проекта.

Методические указания не являются заменой классических учебников по дисциплине «Теоретическая и прикладная механика», так как в них кратко изложены только основные этапы выполнения курсовой работы. Для успешного выполнения курсовой работы и получения полноценных знаний и навыков необходимо пользоваться учебно-методической литературой, указанной в библиографическом списке, а также конспектами лекций и практических занятий.

### **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

В курсовой работе по дисциплине «Теоретическая и прикладная механика» решается набор заданий, охватывающих разные разделы дисциплины:

- задание №1: «Структурный анализ плоского рычажного механизма»;
- задание №2: «Кинематическое исследование плоского рычажного механизма»;
- задание №3: «Расчет балки на прочность при плоском изгибе».

Работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка курсовой работы включает в себя титульный лист, задание на выполнение работы, аннотацию на русском и иностранном языках, оглавление, введение, текст записки, заключение, список используемых источников и приложения (если таковые имеются). Текст пояснительной записки должен отражать последовательное решение заданий, полученных студентом для выполнения курсовой работы.

Графическая часть курсовой работы относится к заданию №2, выполняется на формате А2 (А3) и представляет собой графические построения, связанные с планами положений, скоростей и ускорений механизма. Графическая часть, по согласованию с преподавателем, выполняется или вручную или с использованием средств автоматизированного проектирования.

Пояснительная записка и графическая часть курсовой работы выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД и требованиями Горного университета к оформлению курсовых работ и проектов.

Удовлетворяющая предъявляемым требованиям курсовая работа после проверки преподавателем допускается к защите, во время которой студент доказывает обоснованность принятых решений, содержащихся в работе.

## **ЗАДАНИЕ №1: «СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКОГО РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА»**

Основными задачами структурного анализа являются:

- определение класса, порядка и вида структурных групп и последовательность их соединения;
- определение количества начальных механизмов;
- составление структурной формулы механизма;
- определение класса механизма.

Структурный анализ проводится в следующей последовательности.

На структурной схеме механизма обозначают звенья и кинематические пары.

Определяют степень подвижности механизма и сравнивают с числом входных звеньев, при этом должно выполняться условие  $W = n_{вх}$ . Если оно не выполняется, то это свидетельствует о наличии в механизме пассивных звеньев или лишних кинематических связей. Такие звенья и связи не учитываются при определении степени подвижности механизма, поэтому схема механизма от них освобождается.

Выделяют структурную группу, наиболее удаленную от начального механизма. При этом выделенная структурная группа должна быть наинизшего класса.

Проверяют соответствие структурной группы следующим условиям:

- а) степень подвижности структурной группы равняется нулю ( $W_{гр} = 0$ );
- б) число подвижных звеньев четное ( $n - \text{четное}$ );
- в) соблюдается соотношение

$$p_s = \frac{3n}{2};$$

г) степень подвижности оставшейся части механизма не изменяется ( $W = \text{const}$ ).

Если перечисленные условия выполняются, то определяют класс, порядок и вид структурной группы. Если хотя бы одно из ус-

ловий не выполняется, то осуществляют переход к выделению структурной группы более высокого класса.

В результате проведения структурного анализа в рассматриваемом механизме определяют количество структурных групп и начальных механизмов.

Составляют структурную формулу механизма и определяют его класс.

Исходные данные к заданию №1 приведены в приложении.

## **ЗАДАНИЕ №2: «КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА»**

Кинематическое исследование механизма позволяет анализировать движение его звеньев без учета действующих на них силовых факторов.

Задачами кинематического исследования являются:

- определение положений механизма в различные моменты времени;

- построение траекторий характерных точек звеньев механизма (например, центра тяжести звеньев);

- нахождение величины и направления линейных скоростей и ускорений этих точек звеньев, а также угловых скоростей и ускорений звеньев.

Определение перечисленных кинематических характеристик осуществляется в пределах одного цикла установившегося движения механизма. Для механизмов, кинематические схемы которых приведены в приложении, один цикл движения соответствует одному полному обороту ведущего звена. Ведущим звеном во всех заданиях является кривошип. Величина угловой скорости кривошипа во всех положениях механизма считается постоянной.

Кинематическое исследование механизма проводится в следующей последовательности.

В масштабе  $\mu_s$  (м/мм) строят план равноотстоящих по времени положений механизма за один цикл его установившегося движения. Количество положений определяется преподавателем. Масштаб плана положений принимают равным отношению:

$$\mu_s = \frac{O_1A}{\overline{O_1A}},$$

где  $O_1A$  – действительная длина ведущего звена, м;  $\overline{O_1A}$  – чертежное изображение ведущего звена, мм; обычно принимают  $\overline{O_1A} = 50 \div 100$  мм.

Чертежные изображения остальных звеньев механизма определяют с учетом принятого масштаба:

$$\overline{AB} = \frac{AB}{\mu_s}, \text{ мм}; \quad \overline{BC} = \frac{BC}{\mu_s}, \text{ мм и т.д.}$$

План положений механизма второго класса строят методом засечек. Нулевым (исходным) в цикле движения принимают положение, соответствующее началу холостого хода выходного (ведомого) звена механизма технологической машины или началу рабочего хода выходного звена энергетической машины.

На плане положений указывают траектории всех характерных подвижных точек звеньев механизма, включая центры масс звеньев.

В последовательности присоединения структурных групп и с учетом их особенностей графическим решением векторных уравнений скоростей и ускорений строят планы скоростей и ускорений. Количество положений механизма, для которых строятся планы скоростей и ускорений определяется преподавателем.

Масштаб планов скоростей  $\mu_v$  [м/(с·мм)] и ускорений  $\mu_a$  [м/(с<sup>2</sup>·мм)] принимают равными:

$$\mu_v = \frac{v_A}{\overline{pa}}, \quad \mu_a = \frac{a_A}{\overline{pa}},$$

где  $v_A$  – линейная скорость шарнира  $A$ , м/с;  $\overline{pa}$  – длина вектора скорости  $v_A$  на чертеже, мм;  $a_A$  – линейное ускорение шарнира  $A$ , м/с<sup>2</sup>;  $\overline{pa}$  – длина вектора ускорения  $a_A$  на чертеже, мм.

Величину скорости и ускорения точки  $A$  находят по формулам:

$$v_A = \omega_1 \cdot O_1A, \quad a_A = \omega_1^2 \cdot O_1A,$$

где  $\omega_1$  – угловая скорость ведущего звена,  $\text{с}^{-1}$ ;  $O_1A$  – действительная длина ведущего звена, м.

При определении масштабных коэффициентов  $\mu_v$  и  $\mu_a$  изображения векторов линейной скорости и линейного ускорения кривошипной точки  $A$  ведущего звена задают не менее 50 мм.

По построенным планам вычисляют линейные скорости и ускорения для всех характерных подвижных точек звеньев механизма, включая центры масс звеньев, рассчитывают угловые скорости  $\omega_i$  ( $\text{с}^{-1}$ ) и угловые ускорения  $\varepsilon_i$  ( $\text{с}^{-2}$ ) звеньев механизма:

$$\omega_i = \frac{v_{BA}}{BA}; \quad \varepsilon_i = \frac{a_{BA}^t}{BA},$$

где  $v_{BA}$  – линейная скорость точки  $B$  в ее движении относительно точки  $A$ , м/с;  $BA$  – действительное расстояние между точками  $A$  и  $B$ , м;  $a_{BA}^t$  – касательная (тангенциальная) составляющая относительного ускорения движения точки  $B$  относительно точки  $A$ ,  $\text{м/с}^2$ .

Направление угловой скорости  $\omega_i$  определяют по направлению вектора  $\vec{v}_{BA}$ , а углового ускорения  $\varepsilon_i$  – по направлению вектора  $\vec{a}_{BA}^t$ . Стрелками на звеньях указывают их направление.

Планы положений, скоростей и ускорений оформляют на чертеже как отдельные изображения с подрисуночными надписями с обязательным указанием соответствующих масштабных коэффициентов  $\mu_s$ ,  $\mu_v$  и  $\mu_a$  и их размерностей.

Исходные данные к заданию №2 приведены в приложении.

### **ЗАДАНИЕ №3: «РАСЧЕТ БАЛКИ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ»**

Деформация бруса (изгиб) возникает при нагружении его силами, действующими в плоскостях, проходящих через продольную ось бруса, и перпендикулярными к этой оси, а также парами сил, действующими в тех же плоскостях.



Брус, работающий на изгиб, называется балкой.

В случае, если все внешние нагрузки, а следовательно, и реакции опор действуют в одной плоскости, содержащей одну из главных осей поперечного сечения, изгиб называется плоским.

При изгибе балка деформируется таким образом, что часть её волокон испытывает растяжение, а другая часть – сжатие. Границей между растянутыми и сжатыми волокнами является нейтральный слой, линия пересечения которого с плоскостью поперечного сечения балки называется нейтральной линией.

При плоском изгибе в поперечных сечениях балки возникают два внутренних силовых фактора: поперечная (перерезывающая) сила  $Q$  и изгибающий момент  $M$ . Если поперечная сила не возникает ( $Q = 0$ ), изгиб называется чистым.

При расчете балки на прочность необходимо определить опасные сечения, которых в общем случае может быть несколько. Для этого строят графики изменения внутренних силовых факторов по длине балки – эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Поперечная сила  $Q$  и изгибающий момент  $M$  определяются методом сечений.

Значение поперечной силы  $Q$  в любом сечении балки, определяемом абсциссой  $x$ , численно равно алгебраической сумме проекций на ось, перпендикулярную оси стержня, всех внешних сил, действующих на балку по одну сторону от проведенного сечения.

Значение изгибающего момента  $M$  в любом сечении балки, определяемом абсциссой  $x$ , численно равно алгебраической сумме моментов всех внешних сил, действующих на балку по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно центра тяжести рассматриваемого сечения.

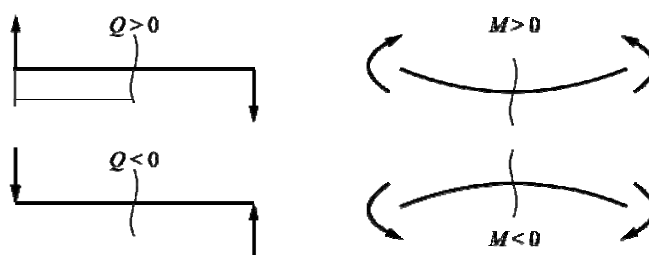
Для построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов принято следующее правило знаков:

- поперечная сила  $Q$  в сечении, определяемом абсциссой  $x$ , считается положительной, если для левой отсеченной части балки равнодействующая внешних сил направлена вверх, а для правой отсеченной части – вниз;

- изгибающий момент считается положительным, если равнодействующий момент, создаваемый внешними силами, действующими

щими на левую отсеченную часть балки относительно центра тяжести сечения, направлен по часовой стрелке; либо равнодействующий момент сил, действующих на правую отсеченную часть балки, направлен против часовой стрелки.

Правило знаков проиллюстрировано на рисунке:



На практике для контроля правильности построения эпюр используют следующие правила.

1. На участках, где нет распределенной нагрузки, эпюра  $Q$  ограничена прямой, параллельной оси абсцисс, а эпюра  $M$  – наклонной прямой.

2. Если на некотором участке балки имеется равномерно распределенная нагрузка, то эпюра  $Q$  – наклонная прямая, а эпюра  $M$  – парабола (кривая второго порядка). При неравномерно распределенной нагрузке обе эпюры  $Q$  и  $M$  будут ограничены кривыми, характер которых зависит от типа нагрузки.

3. Под сосредоточенной силой (в частности реакцией опоры) на эпюре  $Q$  имеется скачок на величину этой силы, а на эпюре  $M$  наблюдается перелом.

4. Если в сечении приложен сосредоточенный момент, то на эпюре  $M$  наблюдается скачок на величину этого момента.

5. Если на некотором участке при обходе балки слева:

- а)  $Q > 0$ , то эпюра  $M$  возрастает алгебраически;
- б)  $Q < 0$ , то эпюра  $M$  алгебраически убывает;
- в)  $Q = 0$ , то изгибающий момент постоянен (чистый изгиб);

г)  $Q$  переходит через нуль, меняя знак с «+» на «-», то на эпюре  $M$  наблюдается алгебраический максимум в сечении, где  $Q = 0$ ;

д)  $Q$  переходит через нуль, меняя знак с «-» на «+», то на эпюре  $M$  наблюдается алгебраический минимум в сечении, где  $Q = 0$ .

6. На свободном конце балки (консоль) поперечная сила равна нулю, если в этом сечении нет сосредоточенной силы.

7. В сечении на свободном или шарнирно опёртом конце балки изгибающий момент равен нулю, если там не приложен сосредоточенный внешний момент.

8. В сечении, совпадающем с заделкой,  $Q$  и  $M$  численно равны соответственно опорной реакции и реактивному моменту.

Расчет балки на прочность при плоском изгибе проводится в следующей последовательности:

- обозначают и определяют опорные реакции;
- составляют выражения для поперечной силы и изгибающего момента на всех участках балки;
- определяют значения поперечных сил и изгибающих моментов на границах участков;
- в сечениях, где  $Q$  пересекает нулевую линию, определяют значения алгебраического максимума или минимума изгибающего момента;
- строят эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
- подбирают поперечные сечения балок заданной формы из условия прочности.

Исходные данные к заданию №3 приведены в приложении.

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Здесь приведены стандартные варианты заданий, которые могут быть скорректированы преподавателем, ведущим курсовую работу.

**Задание № 1: «Структурный анализ плоского рычажного механизма»**

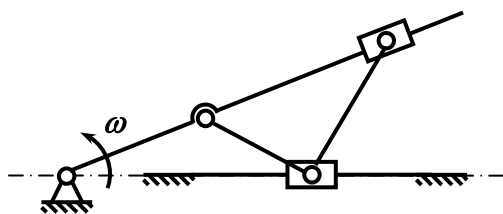


Рис. 1.1. Механизм трисектора

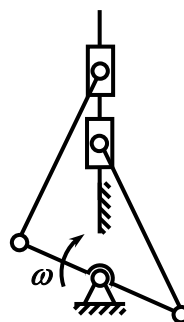


Рис. 1.2. Механизм двухцилиндрового рядного четырехтактного двигателя внутреннего сгорания

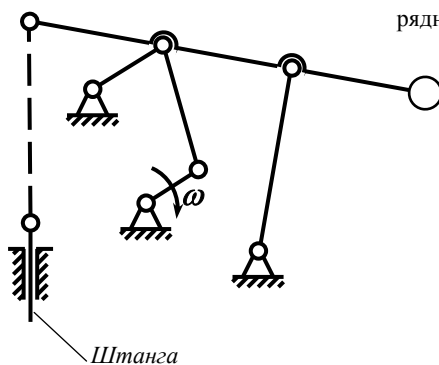
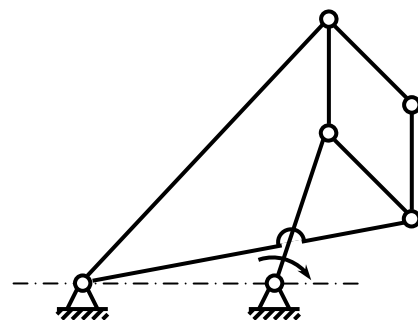


Рис. 1.3. Механизм привода глубинного насоса



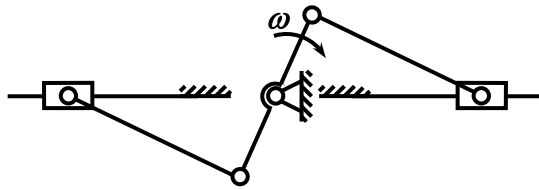


Рис.1.4. Механизм двухцилиндрового  
 оппозитного четырехтактного двигателя  
 внутреннего сгорания

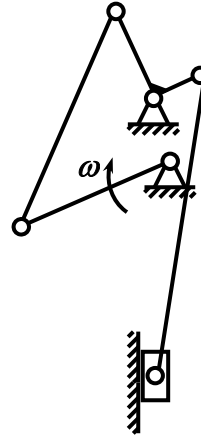


Рис.1.5. Механизм вытяжного прессы

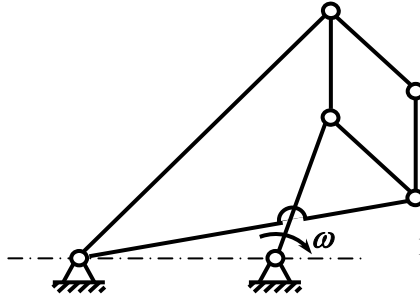


Рис.1.6. Механизм Липкина

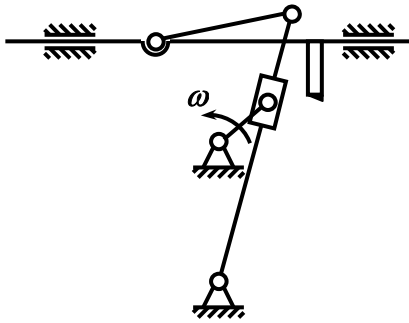


Рис.1.7. Механизм поперечно-  
 строгального станка

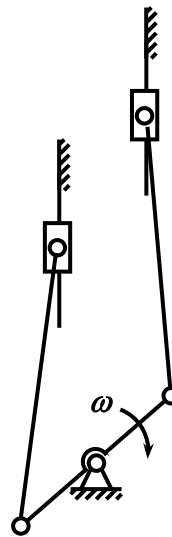
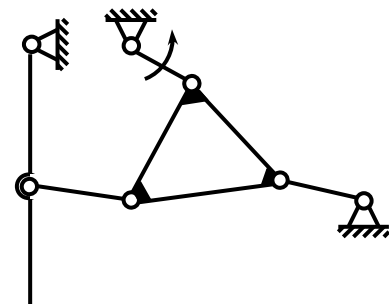


Рис.1.8. Механизм двухступенчатого  
 двухцилиндрового воздушного компрессора



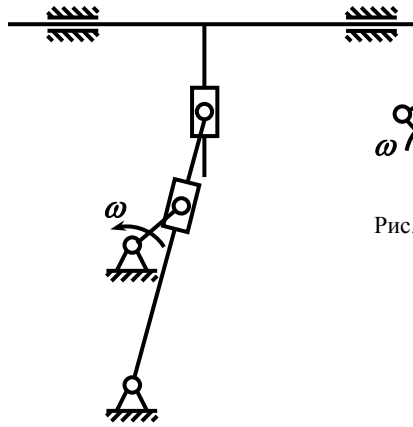


Рис.1.9. Механизм поперечно-строгального станка

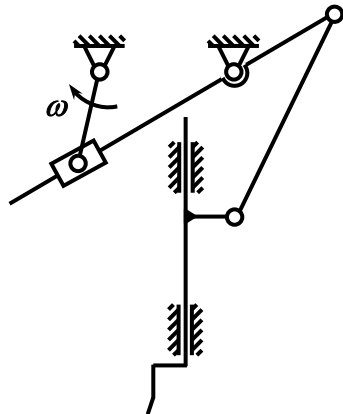


Рис.1.11. Механизм долбежного станка

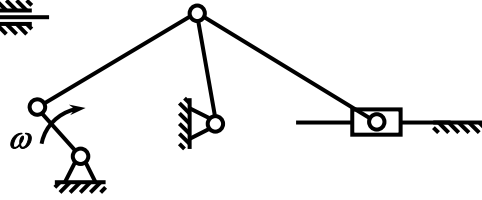


Рис.1.10. Механизм качающегося конвейера

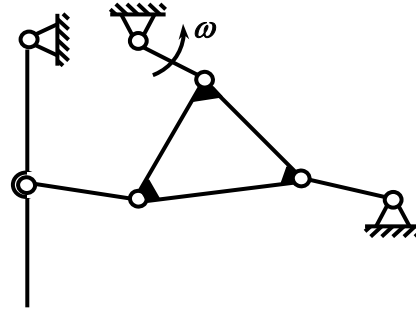


Рис.1.12. Механизм дробилки

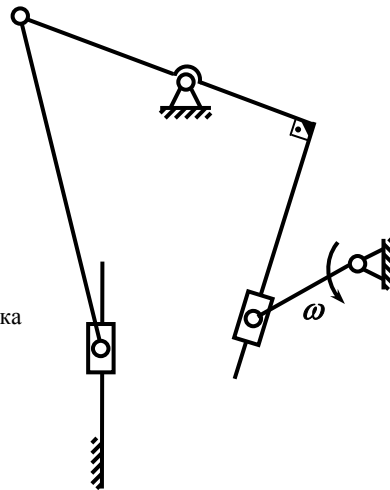


Рис.1.13. Механизм водяного насоса

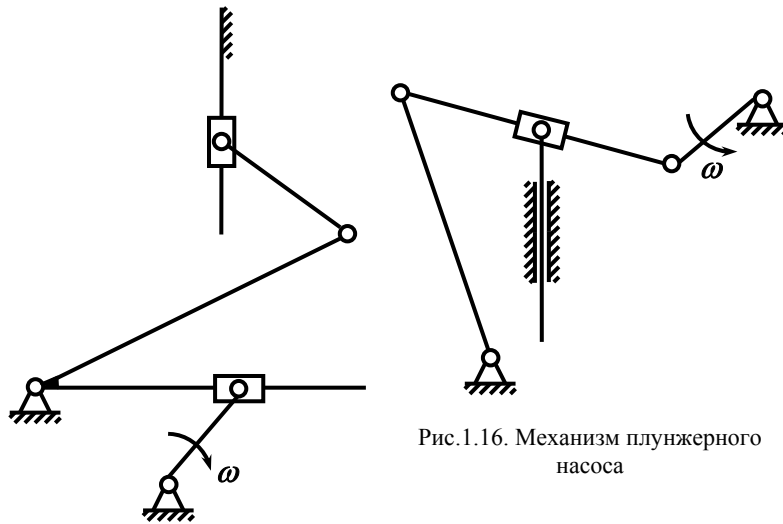


Рис.1.16. Механизм плунжерного насоса

Рис.1.14. Механизм перемещения долбяка



Рис.1.15. Механизм перемещения резца

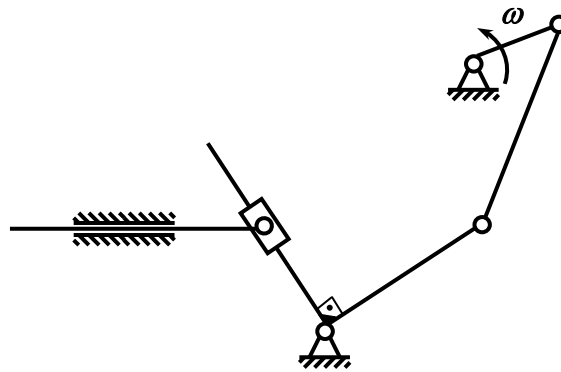


Рис.1.17. Механизм подачи затвора

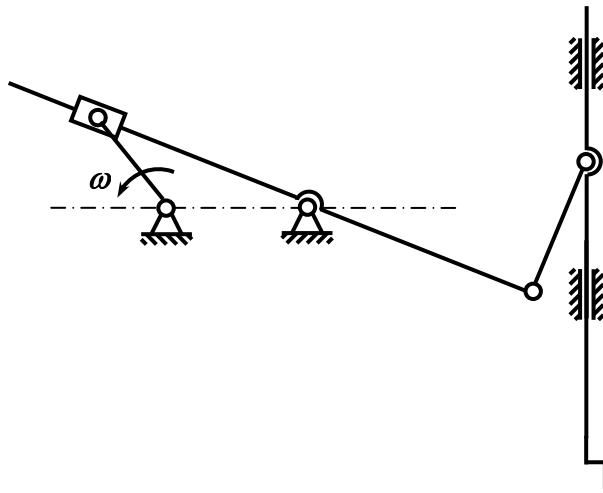


Рис. 1.18. Механизм перемещения долбняка

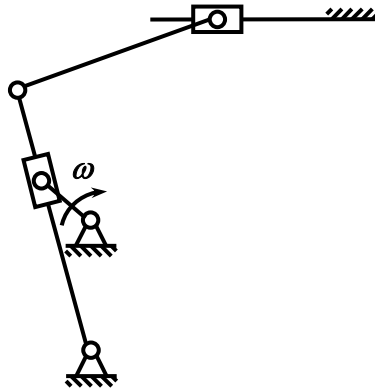
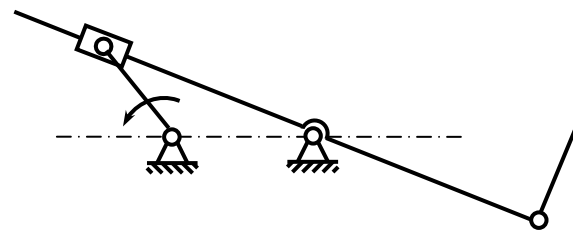


Рис. 1.19. Механизм перемещения резца





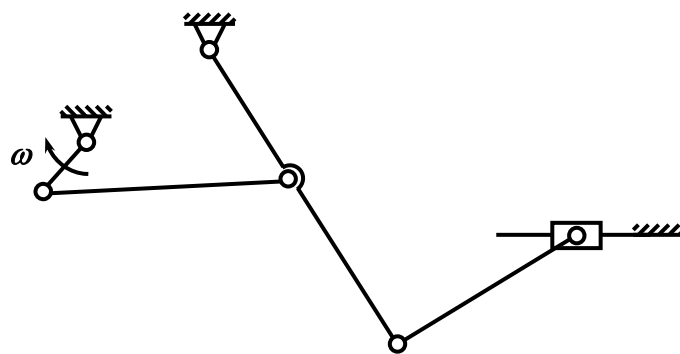


Рис.1.20. Механизм перемещения желоба

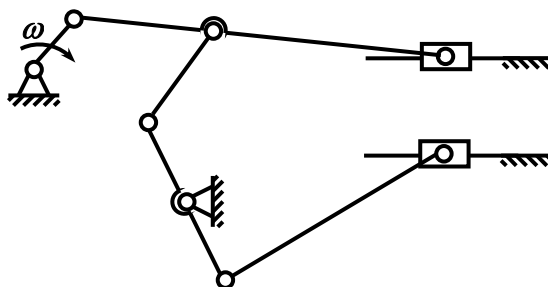


Рис. 1.21. Механизм двигателя

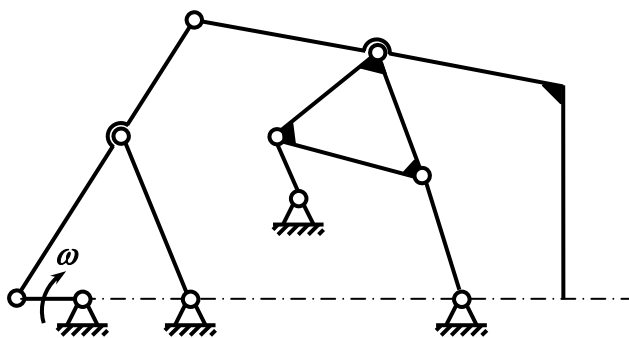
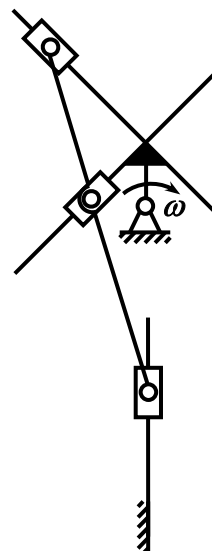


Рис.1.22. Механизм Чебышева



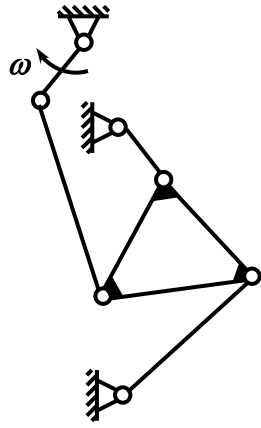


Рис.1.23. Механизм Робертса

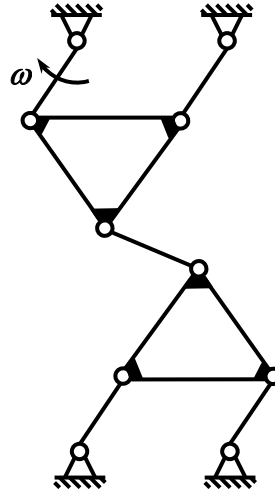


Рис.1.24. Механизм привода электровоза

**Задание №2: «Кинематическое исследование плоского рычажного механизма»**

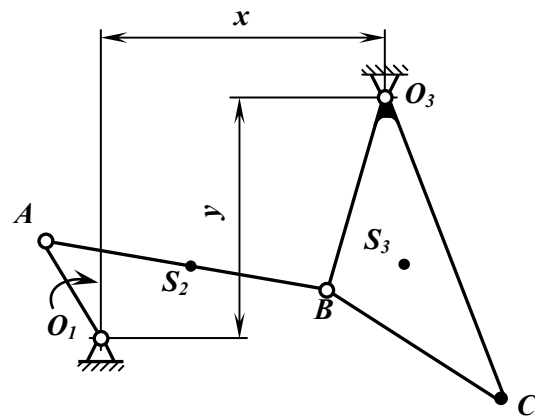


Рис.2.1. Механизм затвора (табл.2.1)

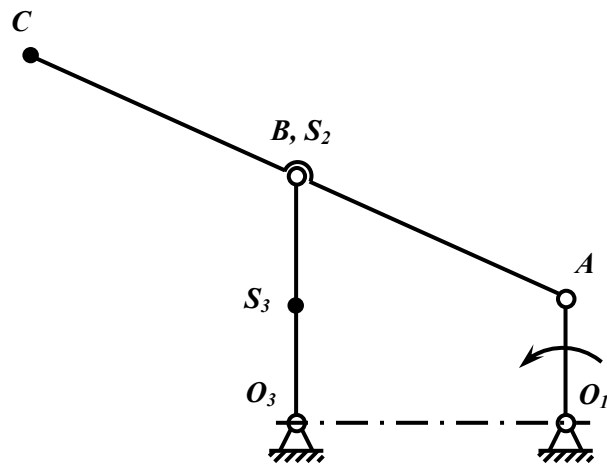


Рис.2.2. Шарнирно-рычажный механизм (табл.2.2)

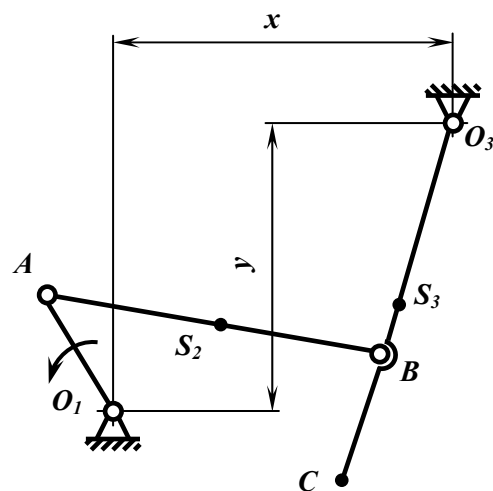


Рис.2.3. Кривошипно-коромысловый механизм (табл.2.3)

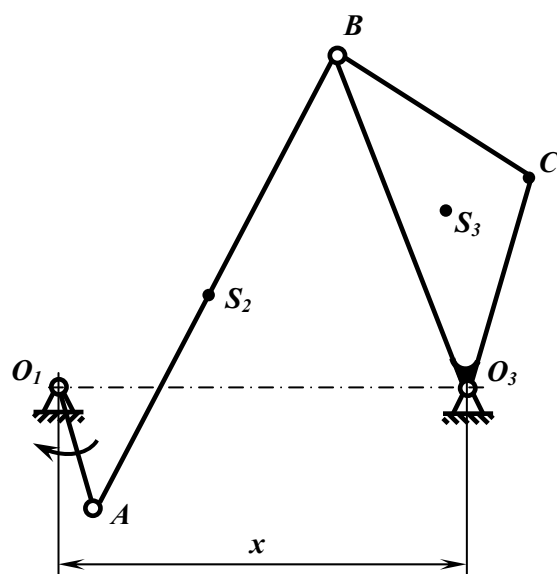


Рис.2.4. Механизм подачи (табл.2.4)

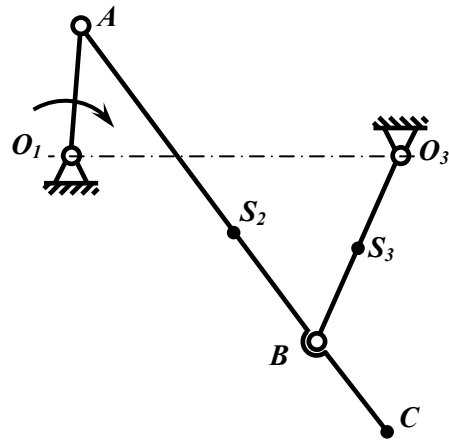


Рис.2.5. Механизм породопгрузочной машины (табл.2.5)

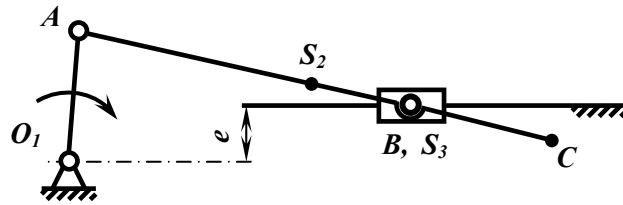


Рис.2.6. Кривошипно-ползунный механизм (табл.2.6)

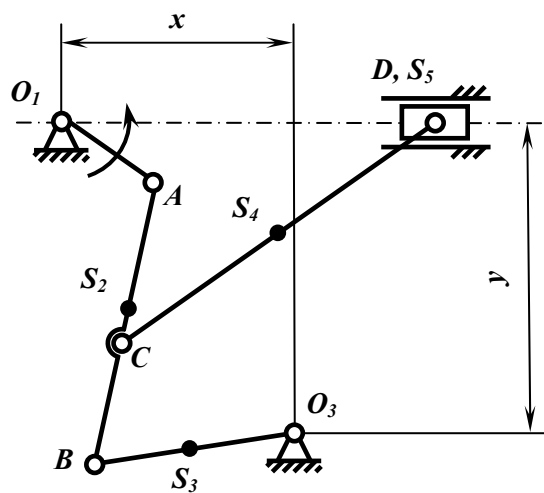


Рис.2.7. Механизм конвейера (табл.2.7)

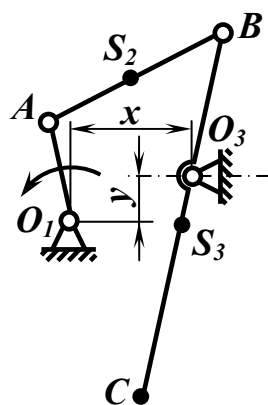


Рис.2.8. Шарнирно-рычажный механизм с удлиненным коромыслом (табл.2.8)

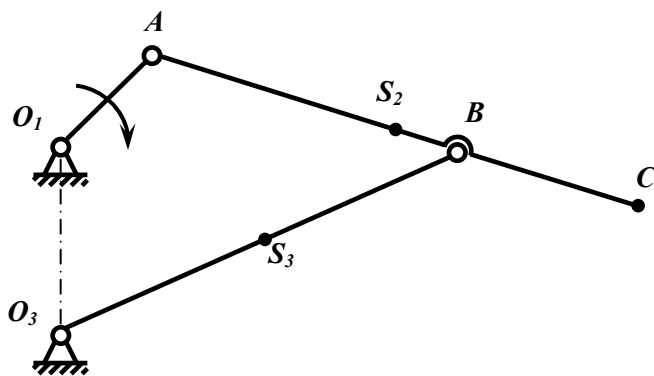


Рис.2.9. Шарнирно-рычажный механизм с удлиненным шатуном (табл.2.9)

Таблица 2.1

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}, \text{ м}$	0,10	0,10	0,13	0,13	0,16	0,16	0,19	0,19	0,22	0,22
$l_{AB}, \text{ м}$	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,90	0,94	0,98
$l_{O_3B}, \text{ м}$	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56
$l_{BC}, \text{ м}$	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56
$l_{O_3C}, \text{ м}$	0,38	0,45	0,532	0,608	0,684	0,76	0,835	0,912	0,99	0,99
$x, \text{ м}$	0,33	0,39	0,460	0,528	0,594	0,64	0,726	0,772	0,86	0,90
$y, \text{ м}$	0,16	0,19	0,224	0,252	0,288	0,32	0,352	0,384	0,40	0,45
$n_{O_1A}, \text{ мин}^{-1}$	150	175	200	250	225	200	175	150	225	125

Таблица 2.2

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,04	0,06	0,12	0,02	0,07	0,10	0,08	0,05	0,16	0,14
$l_{AB}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{BC}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{O_3B}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{O_1O_3}$ , м	0,08	0,12	0,24	0,04	0,14	0,20	0,16	0,10	0,32	0,28
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	300	500	700	990	800	400	600	100	900	200

Таблица 2.3

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,14	0,16	0,16
$l_{AB}$ , м	0,25	0,274	0,324	0,374	0,38	0,40	0,36	0,424	0,45	0,476
$l_{O_3C}$ , м	0,274	0,302	0,33	0,356	0,384	0,412	0,44	0,468	0,496	0,52
$l_{O_3B}$ , м	0,15	0,168	0,182	0,196	0,21	0,226	0,242	0,258	0,272	0,286
$x$ , м	0,24	0,264	0,286	0,312	0,336	0,36	0,384	0,404	0,432	0,456
$y$ , м	0,174	0,192	0,212	0,228	0,244	0,262	0,28	0,298	0,314	0,332
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	450	175	200	225	650	225	200	150	150	125



Таблица 2.4

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
$l_{AB}$ , м	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96
$l_{O_3B}$ , м	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
$l_{BC}$ , м	0,07	0,095	0,12	0,145	0,17	0,192	0,216	0,24	0,264	0,29
$l_{O_3C}$ , м	0,07	0,095	0,12	0,145	0,17	0,192	0,216	0,24	0,264	0,29
$x$ , м	0,288	0,384	0,48	0,576	0,67	0,71	0,864	0,96	0,995	0,75
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	450	175	200	225	500	300	350	400	175	600

Таблица 2.5

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,06	0,05	0,08	0,045	0,10	0,20	0,12	0,125	0,02	0,14
$l_{O_1O_3}$ , м	0,12	0,14	0,16	0,20	0,20	0,28	0,245	0,25	0,06	0,30
$l_{O_3B}$ , м	0,15	0,16	0,20	0,20	0,25	0,23	0,30	0,32	0,05	0,32
$l_{AB}$ , м	0,15	0,18	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,36	0,04	0,40
$l_{BC}$ , м	0,15	0,10	0,18	0,15	0,20	0,14	0,12	0,20	0,025	0,20
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	100	200	300	400	500	500	600	700	800	900

Таблица 2.6

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,065	0,075	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,23	0,022	0,08
$e$ , м	0,02	0,035	0,06	0,02	0,03	0	0,10	0,08	0,012	0,035
$l_{AB}$ , м	0,20	0,25	0,32	0,30	0,33	0,36	0,50	0,65	0,075	0,25
$l_{BC}$ , м	0,06	0,10	0,15	0,125	0,15	0,14	0,25	0,20	0,02	0,09
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	900	800	700	600	500	500	400	300	200	100

Таблица 2.7

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,125	0,150	0,100	0,125	0,150	0,100	0,125	0,150	0,100	0,125
$l_{AB}$ , м	0,375	0,400	0,350	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,350	0,375
$l_{O_3B}$ , м	0,200	0,250	0,200	0,200	0,250	0,200	0,200	0,250	0,200	0,200
$l_{AC}$ , м	0,225	0,250	0,200	0,225	0,250	0,200	0,225	0,250	0,200	0,225
$l_{CD}$ , м	0,375	0,450	0,400	0,375	0,450	0,400	0,375	0,500	0,450	0,475
$x$ , м	0,125	0,200	0,150	0,125	0,200	0,150	0,125	0,200	0,150	0,125
$y$ , м	0,375	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,575
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	50	15	100	0,150	175	200	300	150	50	77

Таблица 2.8

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}, \text{ м}$	0,07	0,03	0,08	0,04	0,06	0,05	0,02	0,03	0,04	0,06
$l_{AB}, \text{ м}$	0,30	0,11	0,27	0,12	0,22	0,17	0,07	0,10	0,15	0,24
$l_{O_3B}, \text{ м}$	0,20	0,07	0,17	0,08	0,15	0,11	0,05	0,07	0,10	0,15
$l_{O_3C}, \text{ м}$	0,50	0,18	0,40	0,20	0,35	0,25	0,12	0,18	0,22	0,33
$x, \text{ м}$	0,22	0,08	0,20	0,09	0,17	0,14	0,05	0,07	0,11	0,18
$y, \text{ м}$	0,06	0,02	0,05	0,02	0,04	0,04	0,01	0,02	0,03	0,05
$n_{O_1A},$ мин <sup>-1</sup>	30	100	40	90	70	80	110	120	60	50

Таблица 2.9

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}, \text{ м}$	0,02	0,10	0,06	0,05	0,08	0,025	0,10	0,12	0,09	0,04
$l_{AB}, \text{ м}$	0,06	0,32	0,19	0,20	0,30	0,09	0,30	0,35	0,26	0,14
$l_{O_3B}, \text{ м}$	0,06	0,35	0,20	0,25	0,40	0,15	0,55	0,42	0,315	0,16
$l_{O_1O_3}, \text{ м}$	0,03	0,18	0,10	0,15	0,20	0,10	0,40	0,30	0,315	0,08
$l_{BC}, \text{ м}$	0,015	0,05	0,04	0,10	0,10	0,04	0,075	0,10	0,065	0,04
$n_{O_1A},$ мин <sup>-1</sup>	350	120	300	400	200	400	200	150	320	400

Задание №3: «Расчет балки на прочность при плоском изгибе»

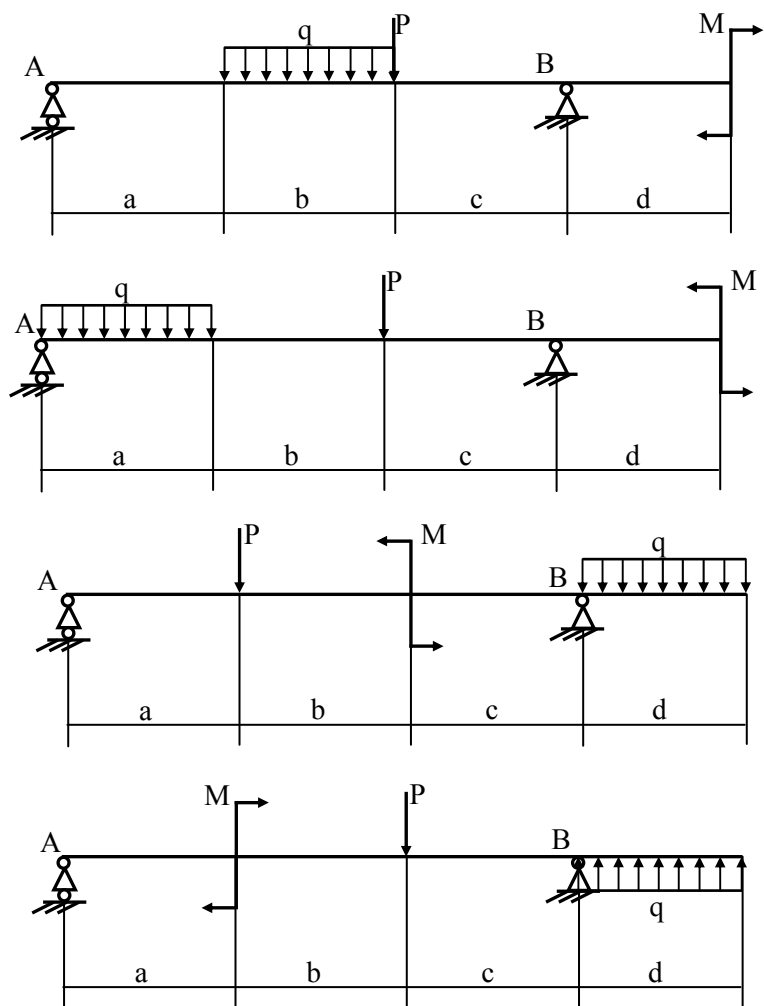


Рис.3.1-3.4. Схемы балок

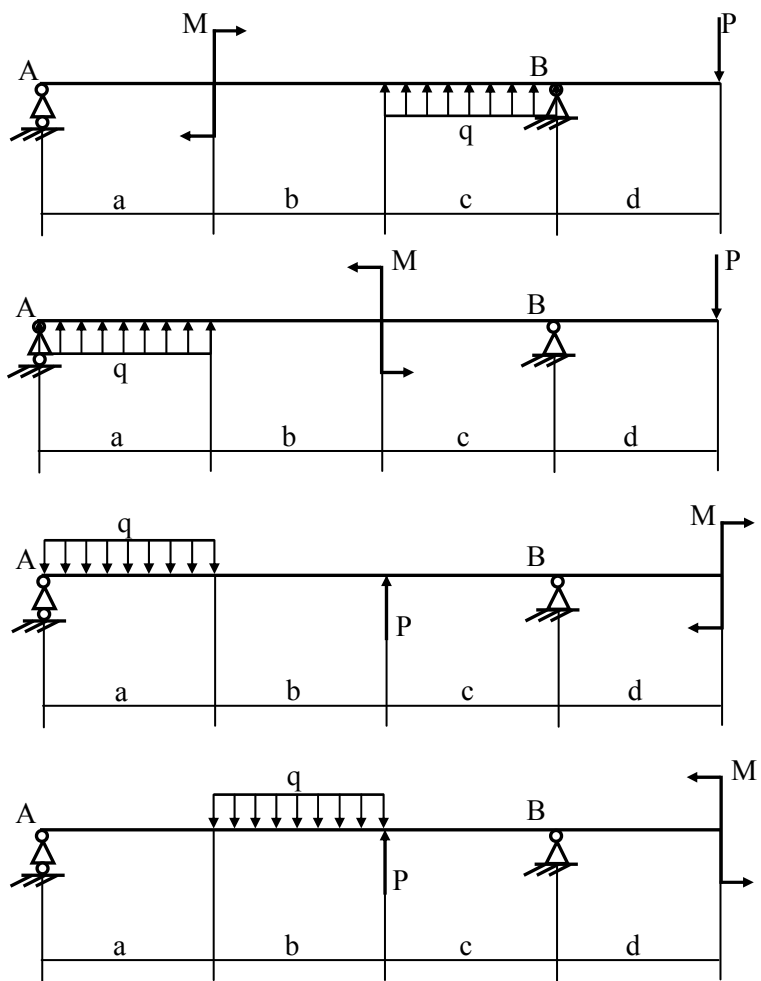


Рис.3.5-3.8. Схемы балок

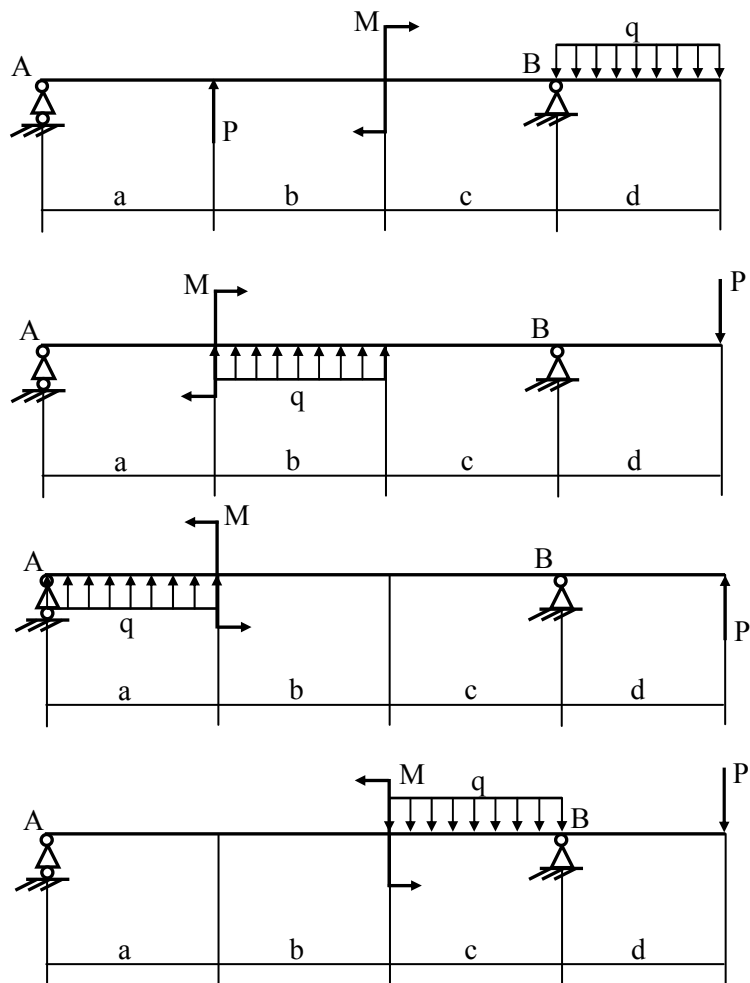


Рис.3.9-3.12. Схемы балок

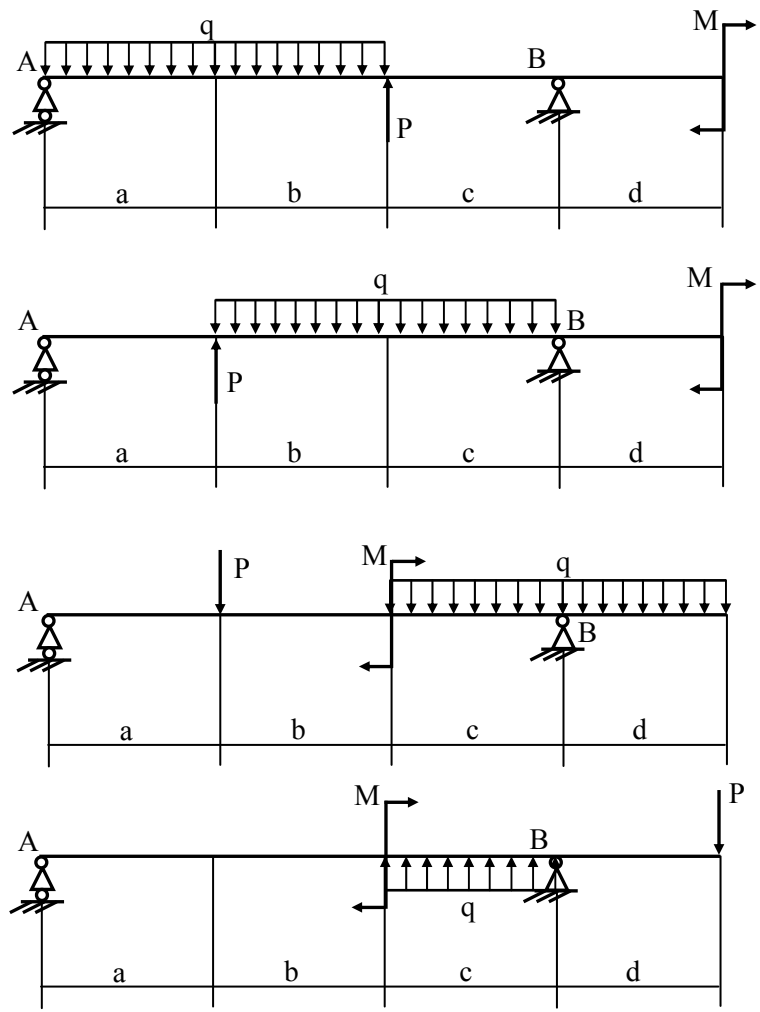


Рис.3.13-3.16. Схемы балок

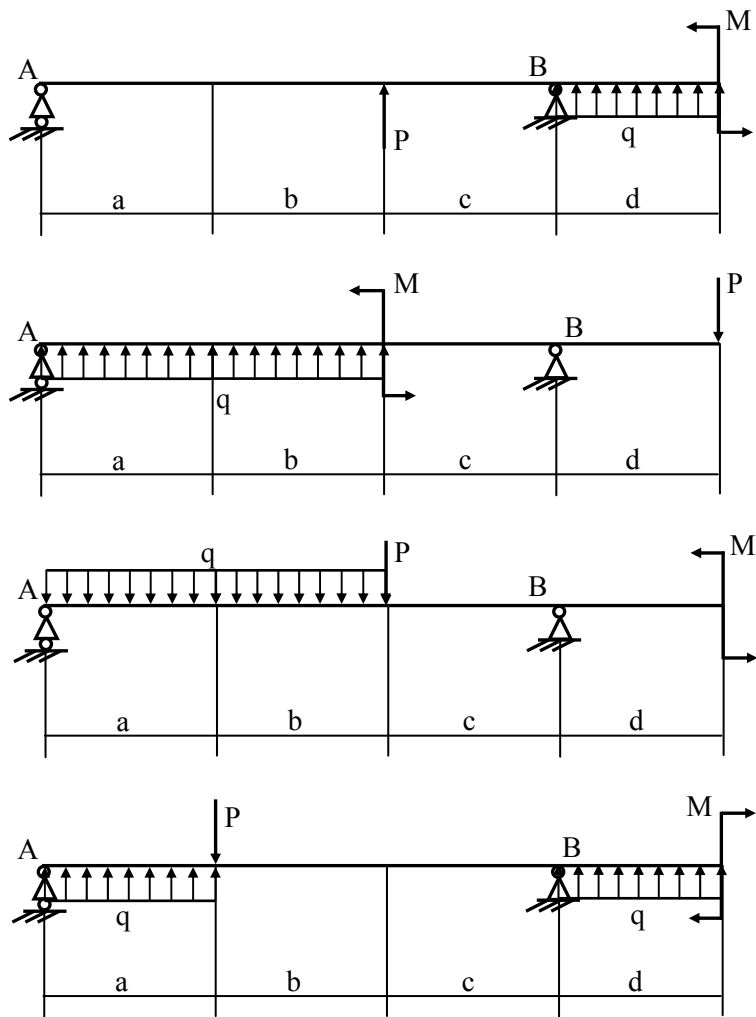


Рис.3.17-3.20. Схемы балок



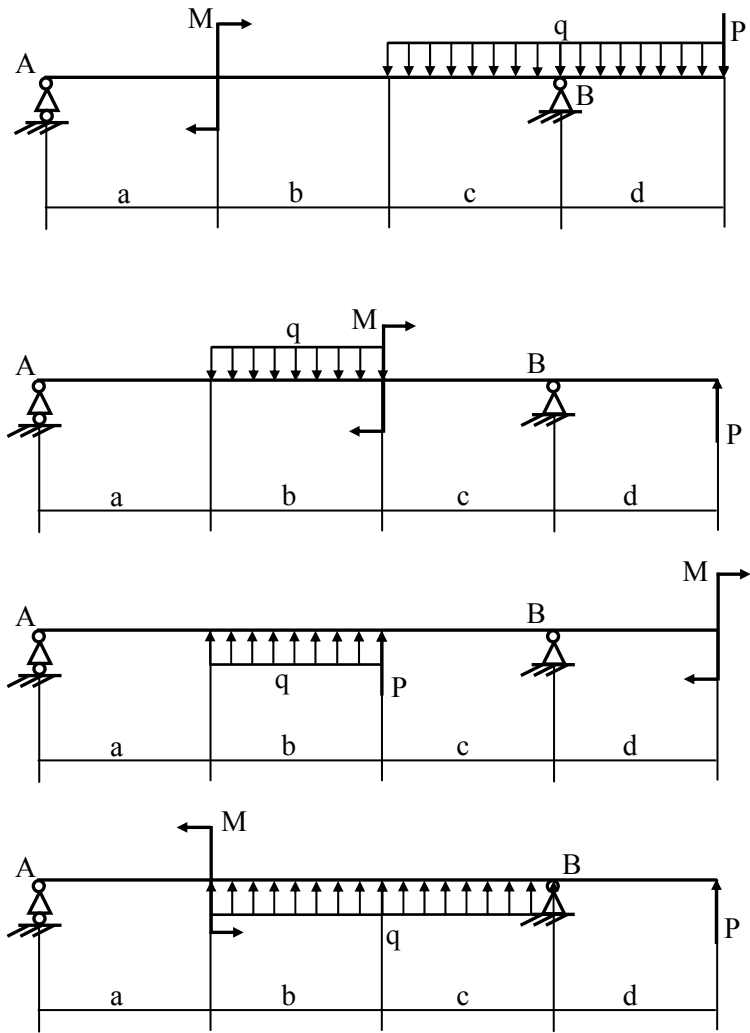


Рис.3.21-3.24. Схемы балок

Значения силовых факторов, действующих на балку, и геометрических размеров приведены в табл.3.1.

Таблица 3.1

Вариант	P, кН	M, кН·м	q, кН/м	a, м	b, м	c, м	d, м	Рисунок
1.	5	20	10	1	1	1	1	3.1
2.	10	15	5	2	2	2	2	3.2
3.	15	10	10	1	2	1	2	3.3
4.	20	15	15	2	1	2	1	3.4
5.	10	5	10	1	1	2	2	3.5
6.	15	10	15	2	1	1	1	3.6
7.	20	20	10	1	1	2	1	3.7
8.	5	5	10	2	2	1	2	3.8
9.	15	5	10	1	2	2	2	3.9
10.	20	10	15	1	1	1	2	3.10
11.	5	20	15	2	1	1	2	3.11
12.	10	15	5	1	2	2	1	3.12
13.	20	15	15	1	1	2	1	3.13
14.	5	10	5	2	2	2	2	3.14
15.	10	5	5	2	1	2	2	3.15
16.	15	20	10	1	1	1	1	3.16
17.	20	10	10	1	1	2	1	3.17
18.	15	15	5	2	1	2	1	3.18
19.	10	5	5	2	2	2	1	3.19
20.	5	15	15	1	2	1	2	3.20
21.	15	10	10	2	1	2	1	3.21
22.	10	5	5	1	2	1	2	3.22
23.	5	15	10	2	1	2	2	3.23
24.	20	10	15	1	2	1	1	3.24
25.	15	10	15	1	1	2	1	3.1
26.	20	20	15	1	1	1	1	3.2
27.	5	5	5	2	2	2	2	3.3
28.	10	5	10	2	1	2	2	3.4
29.	15	5	5	2	1	2	2	3.5
30.	10	20	10	2	1	1	1	3.6
31.	5	10	5	1	2	2	2	3.7
32.	10	15	5	1	2	1	2	3.8

Форма поперечного сечения балки и допускаемые напряжения задаются преподавателем.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беляев Н.М.* Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.М.Беляев, Л.К.Паршин, Б.Е.Мельников, В.А.Шерстнев; под ред. Л.К.Паршина. СПб.: Лань, 2017. 432 с.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/91908>.
2. *Иосилевич Г.Б.* Прикладная механика: Для студентов вузов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Б.Иосилевич, П.А.Лебедев, В.С.Стреляев. М.: Машиностроение, 2012. 576 с.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/5794>.
3. *Степин П.А.* Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник. СПб.: Лань, 2014. 320 с.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/3179>.
4. Теория механизмов и машин. Сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. Чернышевой И.Н. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 63 с.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/58502>.
5. *Чмиль В.П.* Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. СПб.: Лань, 2017. 280 с.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/91896>.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Требования к оформлению и содержанию курсовой работы.....	3
Задание №1: «Структурный анализ плоского рычажного механизма».....	5
Задание №2: «Кинематическое исследование плоского рычажного механизма».....	6
Задание №3: «Расчет балки на прочность при плоском изгибе».....	8
Приложение. Варианты заданий на курсовую работу.....	12
Задание №1.....	12
Задание №2.....	19
Задание №3.....	28
Рекомендуемый библиографический список.....	35

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ  
МЕХАНИКА**

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

Сост.: *А.В. Большунов, Е.В. Шишкин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
механики

Ответственный за выпуск *А.В. Большунов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 18.03.2019. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 2,1. Усл.кр.-отг. 2,1. Уч.-изд.л. 1,7. Тираж 150 экз. Заказ 220. С 83.

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