

# Задания к проведению лабораторных работ по курсу “Приложения систем САПР”

## Раздел “Симуляция кинематических механизмов”

Мартынюк В.А.

### Оглавление

<u>Задания к проведению лабораторных работ по курсу “Приложения систем САПР” .....</u>	<u>1</u>
<u>Раздел “Симуляция кинематических механизмов” .....</u>	<u>1</u>
<u>Лабораторное задание 1.....</u>	<u>2</u>
<u>Лабораторное задание 2.....</u>	<u>2</u>
<u>Лабораторное задание 3.....</u>	<u>3</u>
<u>Лабораторное задание 4.....</u>	<u>3</u>
<u>Лабораторное задание 5.....</u>	<u>4</u>
<u>Лабораторное задание 6.....</u>	<u>4</u>
<u>Лабораторное задание 7.....</u>	<u>5</u>
<u>Лабораторное задание 8.....</u>	<u>5</u>

•Предварительно, по мере прочтения всех пяти разделов пособия по курсу лабораторных работ вы должны выполнить все рекомендуемые примеры из директории *Uch\_Director*. Ниже приведен список этих примеров:

- 1.Prim1
- 2.Prim\_Vint,
- 3.Prim\_Kardan,
- 4.Prim\_Krivoship,
- 5.Prim\_Sfer,
- 6.Prim\_Fiksac,
- 7.Prim\_Tros,
- 8.Prim\_Spring,
- 9.Prim\_Spring on Polzun,
- 10.Prim\_Kazan,
- 11.Prim\_Rez\_Vtulka,
- 12.Prim\_Udar\_2,
- 13.Prim\_Prepytstvie,
- 14.Prim\_Ves,
- 15.Prim\_Skalyr\_Sila,
- 16.Prim\_Prepytstvie\_Skalyr,
- 17.Prim\_Moment\_Skalyrn,
- 18.Prim\_Point\_on\_Curve ,
- 19.Prim\_Curve\_on\_Curve,
- 20.Prim\_Point\_Surf ,
- 21.Prim\_Kulisa,
- 22.Prim\_Hockey,
- 23.Mat\_Funk,
- 24.Prim\_Power\_Engine,
- 25.Prim\_Moment\_Funk,
- 26.Prim\_Statik,

27.Prim\_vesu,  
28.Prim\_Peredacha\_Nagruzki,  
29.Prim\_Zaklin,  
30.Prim\_Inyerferen,

•В большинстве соответствующих разделов директории *Uch\_Director* предлагаются только *геометрические модели деталей* тех несложных механизмов, которые вам предстоит анализировать. Создание статической сборки, описание кинематических пар и прочее – всё в этих примерах вы должны выполнить самостоятельно.

•Чтобы не портить исходную директорию *Uch\_Director* вам **настоятельно рекомендуется** предварительно все исходные геометрические модели деталей скопировать в ваши рабочие директории.

•Будьте готовы к тому, что преподаватель может значительно корректировать предлагаемые для анализа механизмы, поэтому рекомендуемые примеры являются только первоначальным приближением реальных задач.

•И только после выполнения всех вышеописанных примеров вы можете приступать в последующим лабораторным заданиям.

### Лабораторное задание 1

•Создайте несложный механизм с одним *вращательным шарниром* (рис.1 – 5), и выполните его анимацию.

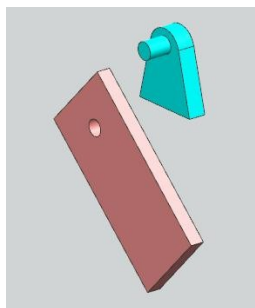


Рис.1, вариант 1

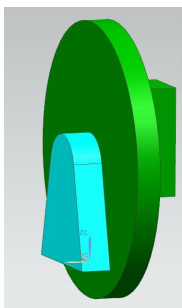


рис.2, вариант 2

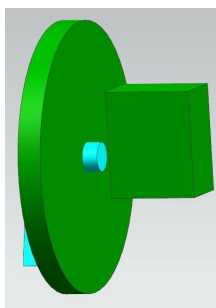


рис.3, вариант 3

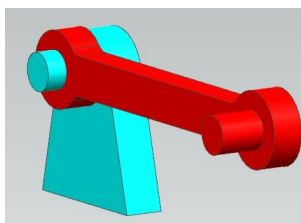
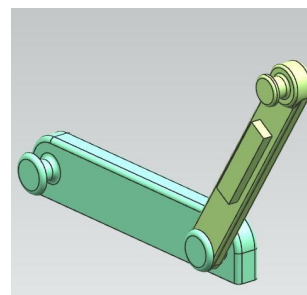


рис.4, вариант 4



### Лабораторное задание 2

•Создайте несложный механизм с одной кинематической парой типа *Ползун* (рис.6 – 10), и выполните его анимацию.

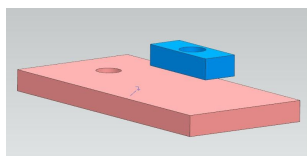


Рис.5, вариант 5

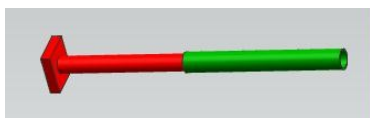


рис.6, вариант 1

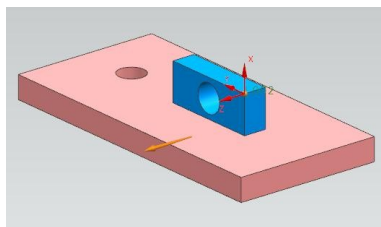


рис.7, вариант 2

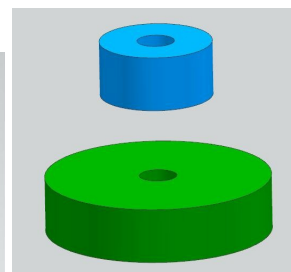


рис.8, вариант 3

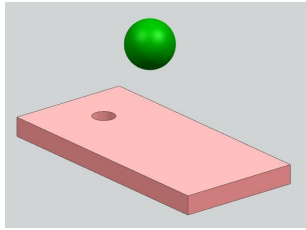


Рис.9, вариант 4

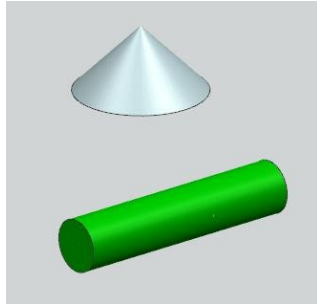


рис.10, вариант 5

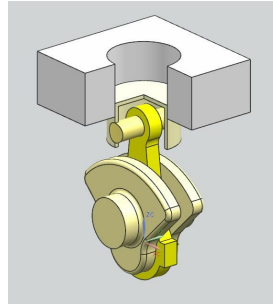


рис.11

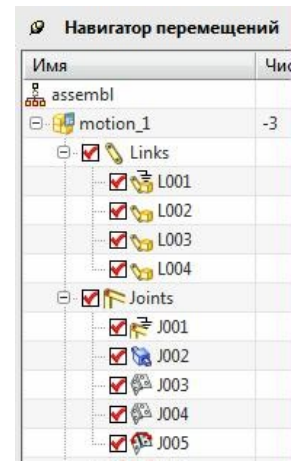


рис.12

### Лабораторное задание 3

- Все выполняют один вариант кривошипного механизма – рис.11.
- Сначала нужно создать пустую сборку, а потом все готовые детали этого механизма нужно загрузить в неё из учебной директории **Prim\_Krivosh**. Все детали загружаются в сборку с совпадением абсолютных систем координат. Тогда они сразу правильно “встанут” на свои места.
- Запомните сборку и перейдите в режим *Симуляции кинематических механизмов*.
- Все детали механизма (Links) следует задавать вручную. Все кинематические пары (Joints) следует задавать вручную.
- Из кинематических пар нужно создать одну типа *Ползун* и три типа – *Вращательный шарнир* (рис.12).
- В последний вращательный шарнир J005 (рис.12) следует включить постоянный движитель с параметрами, представленными на рис.13.

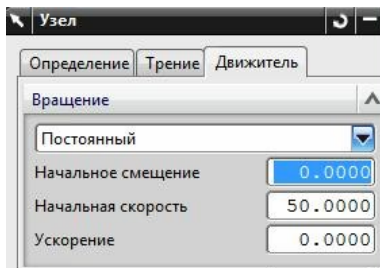


Рис.13

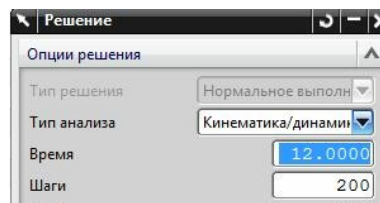


рис.14

- Просмотрите и предъявите анимацию этого механизма. Рекомендуемые параметры *Решения* показаны на рис.14.

### Лабораторное задание 4

- Из директории Films запустите AVI фильм под названием **movie\_vesu**.
  - Повторите анимацию увиденного механизма (весы). Можете внести индивидуальные изменения в конструкцию. Далее.
- Вариант 1:** одинаковые веса грузов, жесткие сцепки с коромыслом (сферические шарниры), смещенная сила веса (фактически, это повторение конструкции из увиденного фильма). Динамический и статический анализы.
- Вариант 2:** различные веса грузов, жесткие сцепки с коромыслом (сферические шарниры), сила веса направлена строго вниз. Динамический и статический анализы.
- Вариант 3:** одинаковые веса грузов, у одного груза жесткая сцепка с коромыслом, у другого – пружина; сила веса направлена строго вниз. Динамический и статический анализы.

**Вариант 4:** одинаковые веса грузов, у одного груза жесткая сцепка с коромыслом, у другого – пружина; смещенная сила веса. Динамический и статический анализы.

**Вариант 5:** одинаковые веса грузов, у обоих грузов сцепка с коромыслом – пружина; сила веса направлена строго вниз. Динамический и статический анализы.

### Лабораторное задание 5

- Из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_hockey1*
- В этом коротком фильме показано как зеленая шайба под действием приложенных сил попадает в условные ворота (рис.15, 16).
- Вариант 1.** Повторите пример из фильма. Для этого рекомендуется к шайбе приложить две, разнесенные по времени силы в 0.5 ньютона и 1 ньютона (рис.17,18). Шайба должна попасть в ворота.

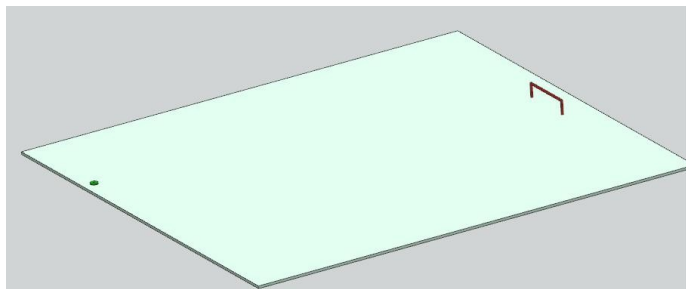


Рис.15

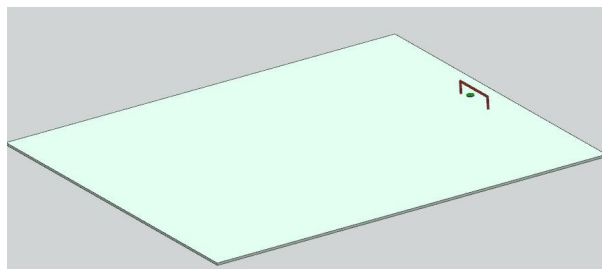


рис.16

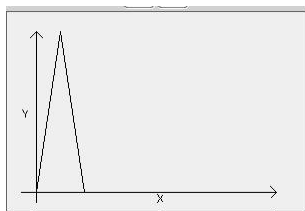


Рис.17

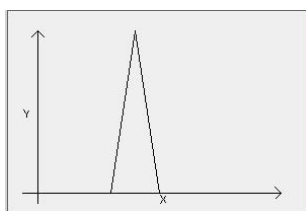


рис.18

- Вариант 2.** Повторите пример из варианта 1. Рекомендуется к шайбе приложить две, разнесенные по времени силы в 0.5 ньютона и 1 ньютона (рис.17,18). Но шайба в ворота должна попасть после рикошета от штанги.
- Вариант 3.** Повторите пример из варианта 1. Шайба должны попасть в ворота. Для этого рекомендуется к шайбе приложить две, разнесенные по времени силы в 0.5 ньютона и 1 ньютона (рис.17,18). Но за воротами установите некий *бортик – отбойник* с тем, чтобы шайба после попадания в ворота не улетала на пределы поля.
- Вариант 4.** Повторите пример из варианта 1. Рекомендуется к шайбе приложить две, разнесенные по времени силы в 0.5 ньютона и 1 ньютона (рис.17,18). То есть шайба должна лететь к воротам не по прямой траектории. При этом шайба в ворота попасть не должна. За воротами установите некий *бортик – отбойник* с тем, чтобы шайба после попадания в ворота не улетала на пределы поля.
- Вариант 5.** Повторите пример из варианта 1. Рекомендуется к шайбе приложить две, разнесенные по времени силы в 0.5 ньютона и 1 ньютона (рис.17,18). То есть шайба должна лететь к воротам не по прямой траектории. При этом шайба должна попасть в ворота. За воротами установите некий *бортик – отбойник* с тем, чтобы шайба после попадания в ворота не улетала на пределы поля, а через те же ворота вернулась в поле.

### Лабораторное задание 6

- Из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Basket*.

Повторите эту сцену и анимацию мяча. Для движения мяча используйте кратковременную векторную силу примерно в 30 н. Задайте упоры типа 3D контакт между мячом и кольцом, между мячом и полом.

●**Вариант 1:** выполните расположение кольца как в фильме, посередине площадки (рис.22).

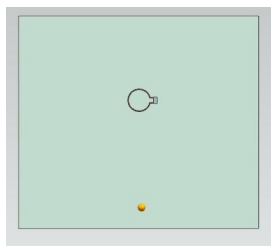


Рис.22

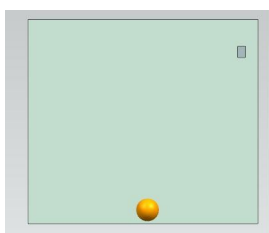


рис.23

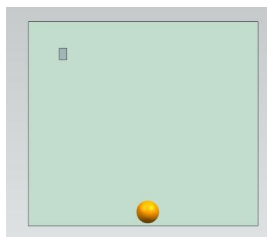


рис.24

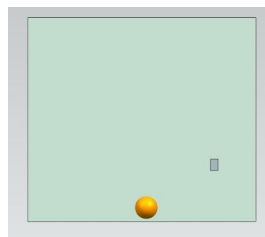


рис.25

●**Вариант 2:** сместите расположение кольца в угол площадки как рис.23.

●**Вариант 3:** сместите расположение кольца в угол площадки как рис.24.

●**Вариант 4:** сместите расположение кольца в угол площадки как рис.25.

●**Вариант 5:** повторите пример варианта 1. Но постарайтесь, чтобы мяч дважды ударился о дужку кольца, и в кольцо не попал.

### Лабораторное задание 7

●Из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Povorot\_Interferen*

●Повторите этот механизм.

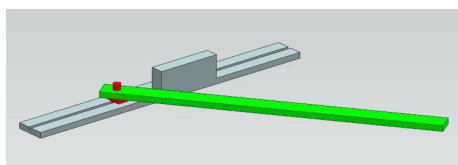


Рис.26

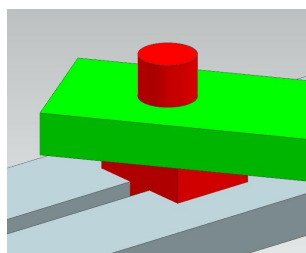


рис.27

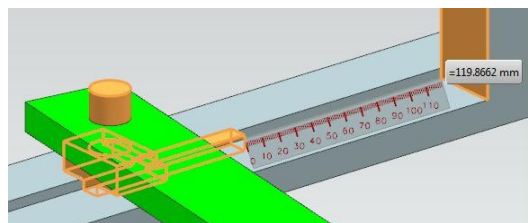


рис.28

**Вариант 1:** остановите вращение зеленой штанги в момент, когда она коснется серого выступа (рис.26).

**Вариант 2:** остановите вращение зеленой штанги в момент, когда угол между ней и серым основанием окажется менее 1 градуса.

**Вариант 3:** остановите анимацию механизма в момент, когда расстояние между красным ползком и серым выступом окажется менее 120 мм.

**Вариант 4:** остановите анимацию механизма в момент, когда расстояние между торцевой гранью зеленой штанги и боковой гранью серого выступа окажется менее 400 мм.

**Вариант 5:** рассчитайте область взаимного пересечения между зеленой штангой и серым выступом.

### Лабораторное задание 8

●**Вариант 1:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_press* (рис.30).

Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма.

В качестве подсказки на рис.31 представлен перечень деталей. На рис.32 – перечень использованных кинематических связей. И на рис. 33 показано, что сверху, вертикально вниз на платформу действует сила в 2000 н.

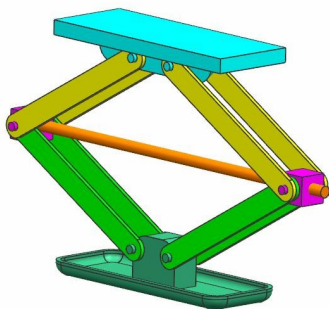


Рис.30

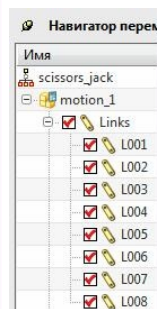


рис.31



рис.32



рис.33

Сведите число вращательных шарниров к минимуму. Определите реакции сил, возникающие во вращательных шарнирах.

•**Вариант 2:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_point\_on\_line* (рис.34). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма.

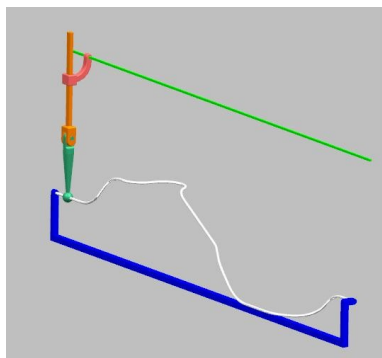


Рис.34

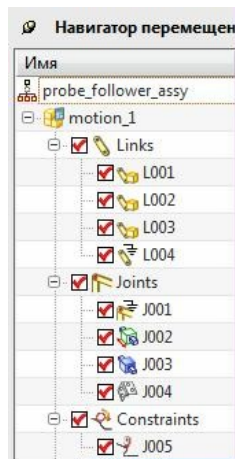


рис.35

В качестве подсказки на рис.35 приведен возможный навигатор перемещений.

•**Вариант 3:** из директории Films запустите AVI фильмы под названием *movie\_2\_krivosh1* и *movie\_2\_krivosh2* (рис.36). Второй фильм снят с другого ракурса, чтобы лучше понять работу механизма.

Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма. Обратите внимание на то, что розовый поршень приводится в движение большим зубчатым колесом, а желтый (внутренний) поршень приводится в движение малым зубчатым колесом. Передаточное отношение зубчатых колес составляет 3 : 1.

В качестве подсказки на рис.37 приведен возможный навигатор перемещений.

Нижнее зубчатое колесо приводится в движение двигателем, параметры которого показаны на рис.38. Зубчатые колеса можно изобразить упрощенно, без зубцов.



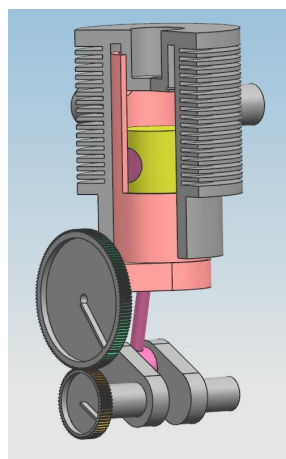


Рис.36

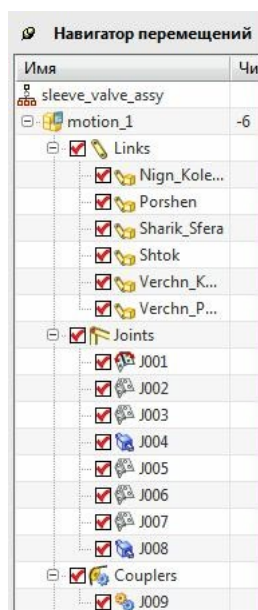


рис.37

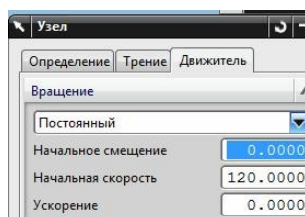


рис.38

•**Вариант 4:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_prug\_na\_polzun* (рис.40).

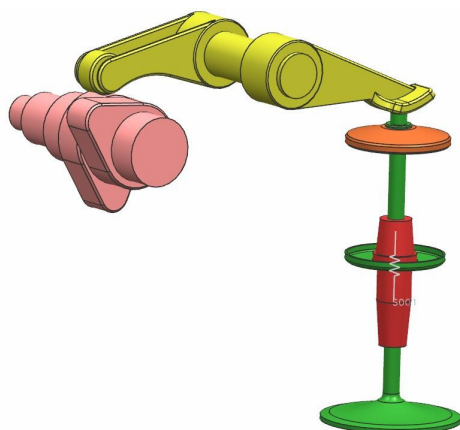


Рис.40

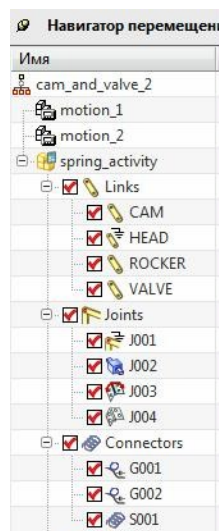


рис.41

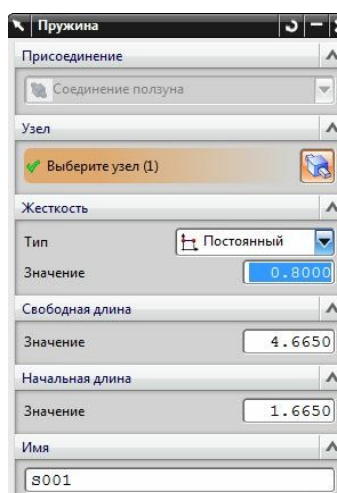


рис.42

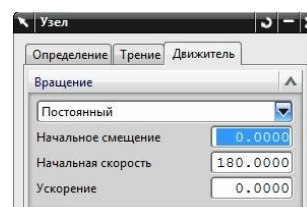


рис.43

Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма. В качестве подсказки на рис.41 приведен возможный навигатор перемещений. Обратите внимание на то, что оранжевый клапан связан с неподвижным основанием пружиной, параметры которой показаны на рис.42. Эта пружина наложена на кинематическую связь типа *Ползун*! Оранжевый кулачок приводится в движение *Движителем*, параметры которого показаны на рис.43.

•**Вариант 5:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_rez\_vtulka* (рис.46).

Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма. В качестве подсказки на рис. 47 приводится возможный навигатор перемещений. Здесь всего три детали: неподвижные основания, подвижный желтый чан, и малиновый электродвигатель. Но электродвигатель обладает эффектом очень большого эксцентрика. Добейтесь этого эффекта с помощью соответствующей геометрии и материала.

Подвижный чан относительно неподвижных стоек основания закреплен *резиновыми втулками*. Рекомендуемые параметры этих втулок показаны на рис.48. Анализ процесса разгона всего механизма осуществляется в первые полсекунды процесса (рис.50).

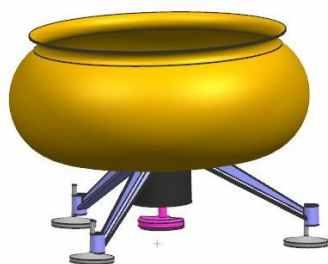


Рис.46

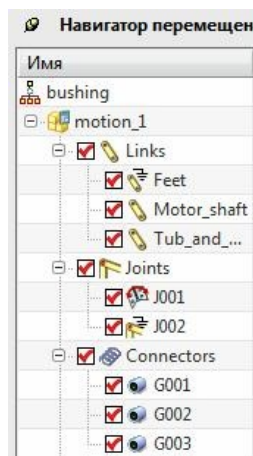


рис.47

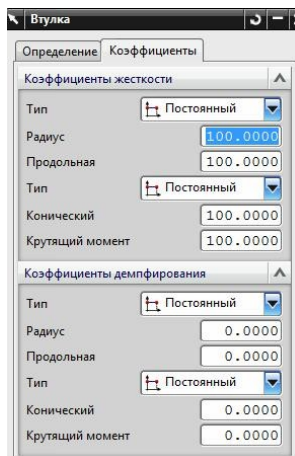


рис.48

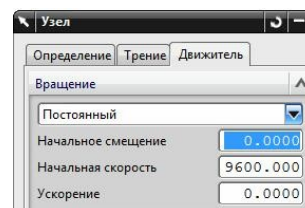


рис.49

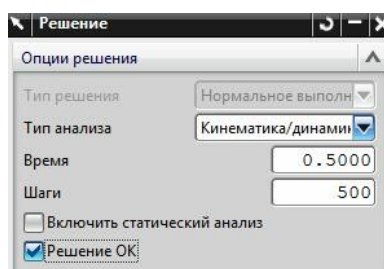


Рис.50

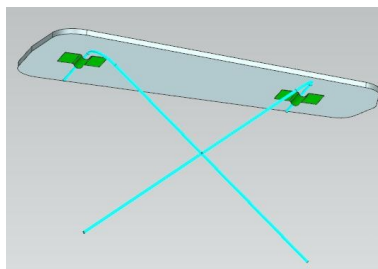


рис.51

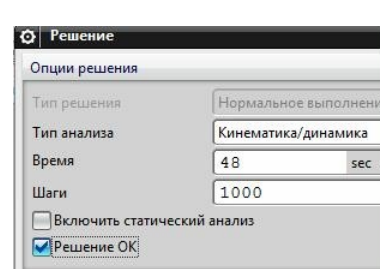


рис.52

•**Вариант 1а:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Raskladushka* (рис.51). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма – изменение высоты гладильной доски путем перемещения её ножек. Пример несложный, поэтому состав *Навигатора перемещений* определите самостоятельно. Рекомендуемое время расчета показано на рис.52.

•**Вариант 2а:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Razn\_osi* (рис.51). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма – передача вращения при изменении положения осей сопрягаемых колес. Возможный состав *Навигатора перемещений* представлен на рис.54. Рекомендуемое время расчета показано на рис.55.

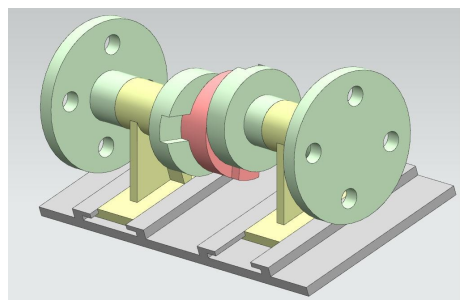


Рис.53

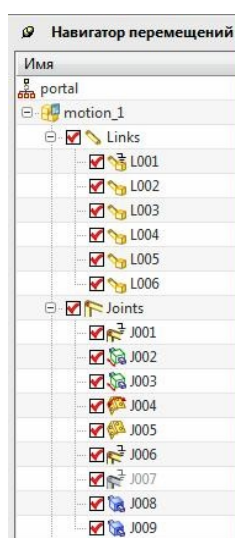


рис.54

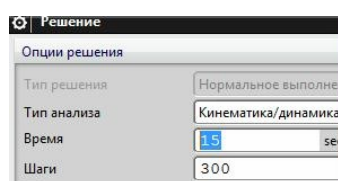


рис.55

•**Вариант 3а:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Kachalka* (рис.56). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма – при повороте ручки вертикальная



штанга должна повторять траекторию канавки. Возможный состав *Навигатора перемещений* представлен на рис.57. Рекомендуемое время расчета показано на рис.55.

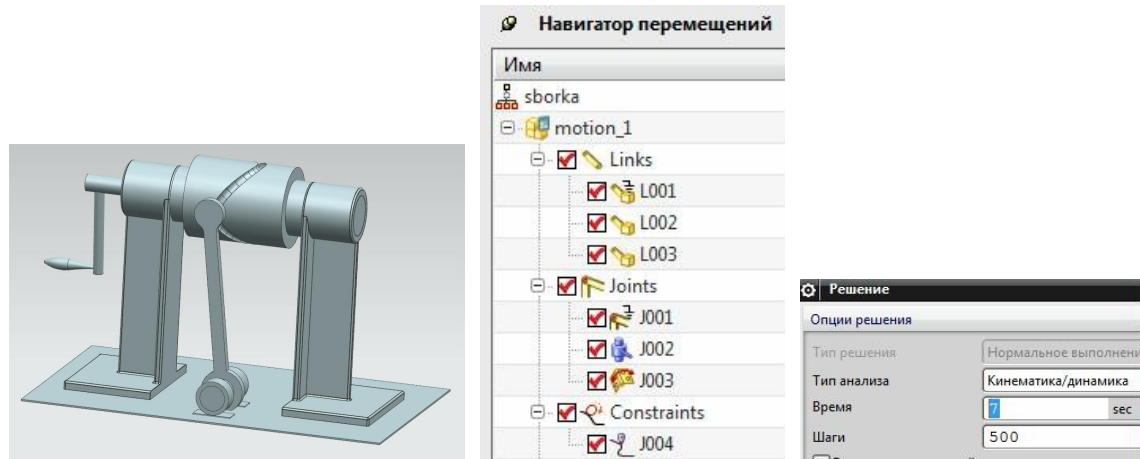


Рис.56

рис.57

рис58

•**Вариант 4а:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Krest* (рис.59). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма – при повороте голубого колеса зеленый крест должен поворачиваться. Возможный состав *Навигатора перемещений* представлен на рис.60. Рекомендуемое время расчета показано на рис.61.

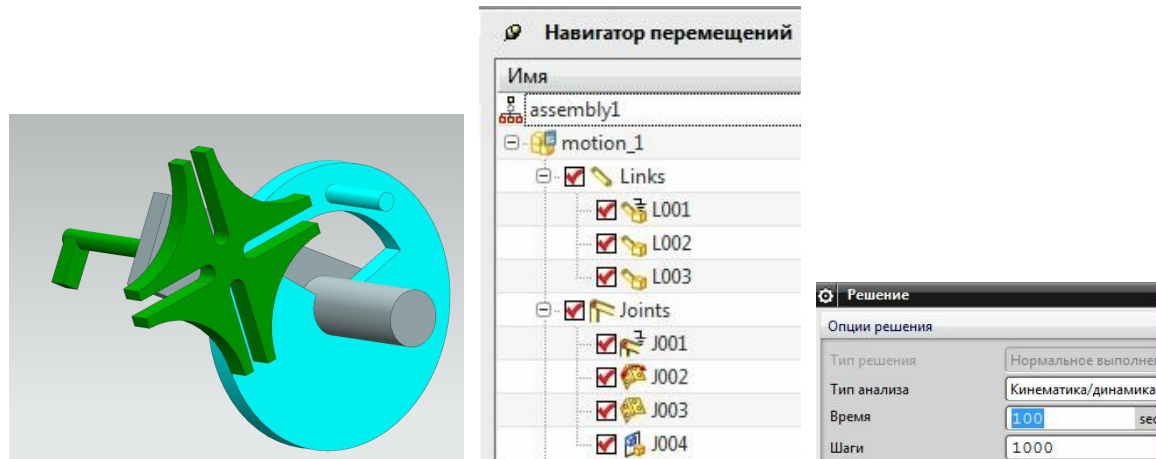


Рис.59

рис.60

рис.61

•**Вариант 5а:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Bochka* (рис.62). Повторите эту конструкцию и выполните анимацию механизма – при повороте голубой крестовины справа приходит в движение весь механизм. Обратите внимание на “качание” левого упора.

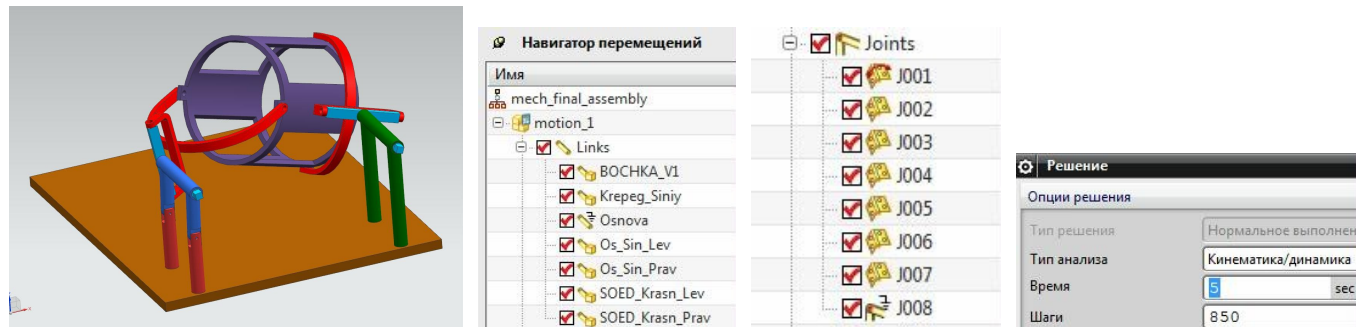


Рис.62

рис.63

рис.64

рис.65

Возможный состав *Навигатора перемещений* представлен на рис.63, 64. Как видите, весь механизм состоит только из вращательных шарниров. Рекомендуемое время расчета показано на рис.65.

•**Вариант 16:** из директории Films запустите AVI фильм под названием *movie\_Kardan* (рис.66). Вы уже выполняли этот пример, когда повторяли рекомендованные примеры из пособия. Но в том примере голубая скоба осуществляла колебательные движения только в одной вертикальной плоскости. А вы заставьте перемещаться голубую скобу в двух плоскостях: в вертикальной плоскости – вверх вниз, и в горизонтальной плоскости – вправо, влево. Именно такое движение продемонстрировано в фильме *movie\_Kardan*. Именно так и работает реальный кардан в заднеприводных автомобилях.

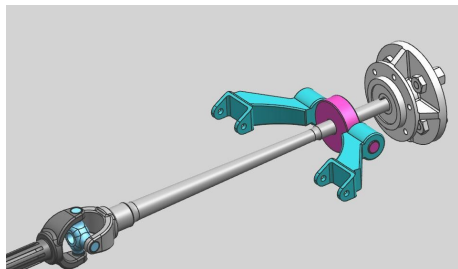


Рис.66

**ПРИМЕЧАНИЕ:** в фильме голубая скоба жёлтого цвета.