**Пример решения контрольной задачи на принцип возможных скоростей**

На систему 2х стержней действует сила, момент и распределенная нагрузка.

q

M

**F**

B

C

D

𝛼

1. Преобразовав внешние связи, напишите уравнения возможных мощностей их реакций и соотношения скоростей.
2. Как нужно направить прямой стержень, чтобы задача стала статически неопределимой, а связи недостаточными?

A

1. **Решение**

 Связи достаточны, т.е. обеспечивают покой системы двух тел при любой плоской нагрузке. К такой системе принцип применить непосредственно нельзя.

XA

A

YA

NDA

mD

Q

M

**F**

B

C

D

𝛼

Чтобы найти внешние реакции XA, YA, ND, mD преобразуем систему в механизм с одной степенью свободы, дав свободу перемещения вдоль искомой реакции связи.

**Реакция X**A

Шарнир А заменяем катком вдоль оси х. Получаем механизм с одной степенью свободы. Искомую реакцию XA считаем неизвестной активной силой, уравновешивающей остальные силы. Поскольку механизм находится в покое, то выполняется принцип возможных скоростей.

**X**A

A

**Y**A

**N**DA

mD

Q

M

**F**

B

C

D

𝛼

**V**A

**V**BCD

ω

P

 Даем системе возможные скорости: **V**Aвдоль оси х и **V**BCD вдоль скользящей заделки. На пересечении перпендикуляров к возможным скоростям, находим мгновенный центр скоростей (МЦС) Р.

Стержень АВ вращается с угловой скоростью ω вокруг МЦС. Стержень ВСD движется поступательно со скоростью **V**BCD

Приравниваем нулю возможную мощность всех активных сил. Мощность сил, приложенных к стержню АВ в плоском движении вычисляем как произведение момента на угловую скорость стержня ωA

$$X\_{A}APω-Q\frac{AB}{3}ω-FV\_{BCD}Sin∝=0$$

Кинематическая связь:

$$V\_{BCD}=ωВР, BP=\frac{AB}{Cos∝} , AP=ABtg∝, Q=\frac{1}{2}qAB$$

оставляет в уравнении одну неизвестную **X**A.

**Реакция Y**A

Шарнир А заменяем катком вдоль оси у.

**X**A

A

**Y**A

**N**DA

mD

Q

M

**F**

B

C

D

𝛼

**V**A

ω

P

𝛼

 Даем системе возможную скорость **V**Aвдоль оси у. Скорость шарнира В может быть направлена только вдоль СD, поэтому МЦС стержня АВ находится в точке В. Это значит, что стержень ВСD неподвижен **.**

Приравниваем нулю возможную мощность всех активных сил. Мощность сил, приложенных к стержню АВ во вращении вокруг В вычисляем как произведение момента на угловую скорость стержня ω.

$$-Y\_{A}ABω+Q\frac{2AB}{3}ω=0$$

**Реакция** mD

Скользящую заделку ставим на шарнир.

**X**A

A

**Y**A

**N**DA

mD

Q

M

**F**

B

C

D

𝛼

**V**B

ωBCD

P

ωAB

Теперь возможная скорость точки D может быть направлена только вдоль стержня CD. Стержень АВ вращается вокруг шарнира А, поэтому возможная скорость В перпендикулярна АВ.

Стержень ВСD в плоском движении вращается вокруг МЦС Р.

Искомую реакцию mD считаем неизвестным активным моментом, уравновешивающим остальные силы.

 Приравниваем нулю возможную мощность всех активных сил. Мощность сил вычисляем как произведение момента относительно их центров скоростей А и Р соответственно на угловые скорости стержней.

$$Q\frac{AB}{3}ω\_{AB}+(m\_{D}-FCB-M)ω\_{BCD}=0$$

Кинематические связи:

$$V\_{B}=ABω\_{AB}=BPω\_{BCD}, BP=CDSin∝-\left(BC-CDCos∝\right)Ctg∝ , $$

Оставляют в уравнении одну неизвестную mD

**Реакция N**D

Скользящую заделку D заменяем двойной скользящей заделкой, которая позволяет стержню BCD двигаться, но только поступательно. Направление поступательного движения задает общий шарнир В.

**X**A

A

**Y**A

**N**DA

mD

Q

M

**F**

B

C

D

𝛼

**V**В

ω

**V**В

 Даем шарниру В возможную **V**Вв его вращении вокруг оси А**.** Возможныескорости всех точек стержня BCD одинаковы и равны **V**В.

 Приравниваем нулю возможную мощность всех активных сил. Мощность сил, приложенных к стержню АВ во его вращении вокруг А вычисляем как произведение момента на угловую скорость стержня ω. Искомая реакция **N**D  создает мощность на скорости **V**В

$$N\_{a}=-N\_{D}V\_{B}Sin∝+Q\frac{AB}{3}ω=0$$

Кинематическая связь:

$$V\_{B}=ABω$$

1. **Ответ на вопрос**

Перпендикулярно CD.

Здесь следует исходить из факта, что при правильном числе неизвестных, как только связи становятся избыточными в одном направлении, они становятся недостаточными в другом направлении.

Если стержень АВ перпендикулярен CD, то появляется свобода перемещения стержня BCD вдоль CD. Одновременно связи будут избыточными по направлению АВ.