

УДК 621.961.001

Чоста Н. В.  
Шоленинов В. Е.

## РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КЛИНОШАРНИРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Для современного оборудования обработки металлов давлением общая жесткость является важным параметром. Наиболее рациональным способом повышения жесткости является повышение жесткости главного исполнительного механизма [1].

Наиболее перспективными с точки зрения повышения жесткости и соответствия технологическим особенностям операций обработки металлов давлением, являются разрабатываемые в Донбасской государственной машиностроительной академии клиношарнирные механизмы (КШМ). Однако на данный момент нет универсальной методики кинематического расчета [2, 3].

В задачу кинематических исследований КШМ входит выяснение функциональной связи между обобщенной координатой входного звена и передаточными функциями выходного звена. Наиболее рациональным методом кинематического исследования КШМ является метод замкнутых векторных контуров с использованием унифицированных блоков для структурных групп.

Целью статьи является разработка универсальной методики кинематического расчета клиношарнирных механизмов.

Нами был разработан программный модуль, в котором для каждой группы Ассуря написана процедура. Использование этих процедур, позволяет производить расчет для всех существующих на данный момент, а также разрабатываемых в будущем типов КШМ.

На рис. 1, а представлена расчетная схема КШМ с выпуклым клином 1, совершающим поступательное движение, выпукло-вогнутым шатуном 2 и ползуном 3. Звенья 2 и 3 образуют группу Ассуря второго вида. На рисунке обозначено:  $H$  – ход ползуна 1 до крайнего положения;  $x$  – текущее положение входного звена;  $S$  – ход выходного ползуна 3;  $Dy$  – смещение ползуна 3 относительно начального положения;  $R$  – радиус клина 1. На рис. 1, б изображена замещающая схема рычажным механизмом, на которой длина шатуна 2 равна радиусу  $R$  клина 1. На рис. 1, в изображены структурные элементы, из которых состоит механизм. Определение кинематических зависимостей сводится к определению ПФ входного ползуна 1 и структурной группы второго вида – звенья 2, 3.

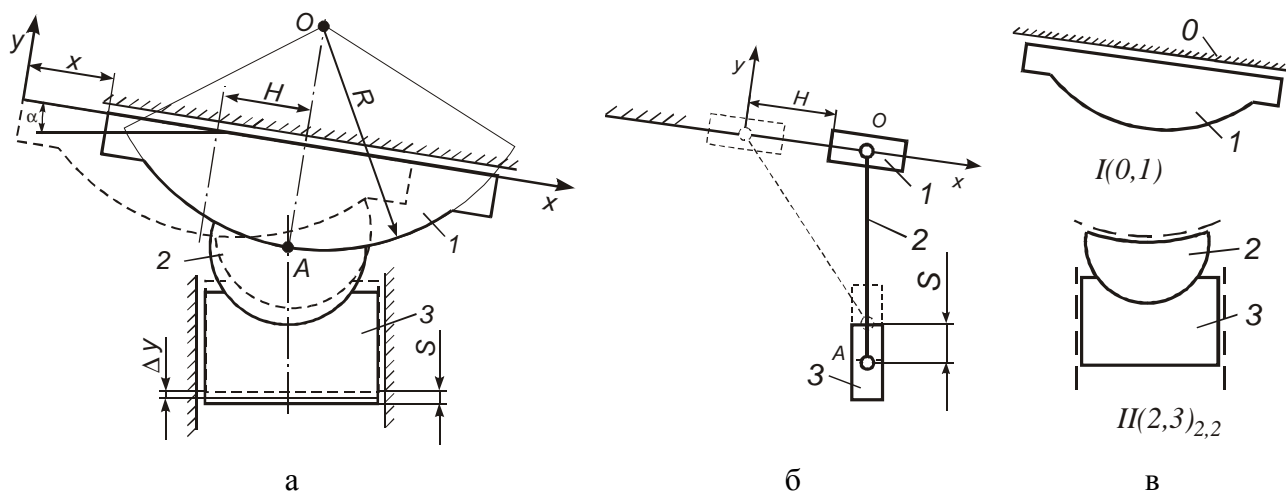


Рис. 1. Расчетная схема КШМ с выпуклым входным клином и группой Ассуря второго вида (а), его замещающая схема (б) и разложенная на структурные группы (в)

На рис. 2 изображены кривые перемещения передаточных функций первого (ПФ1) и второго порядка (ПФ2), в зависимости от относительного смещения входного звена.

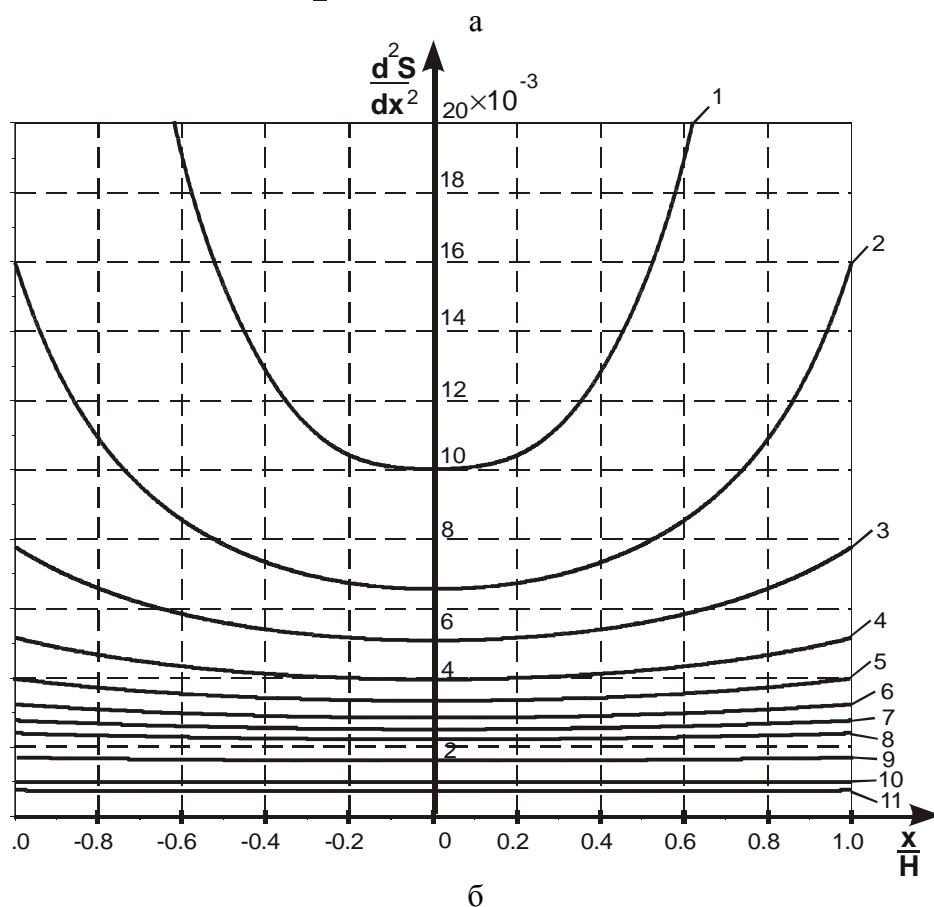
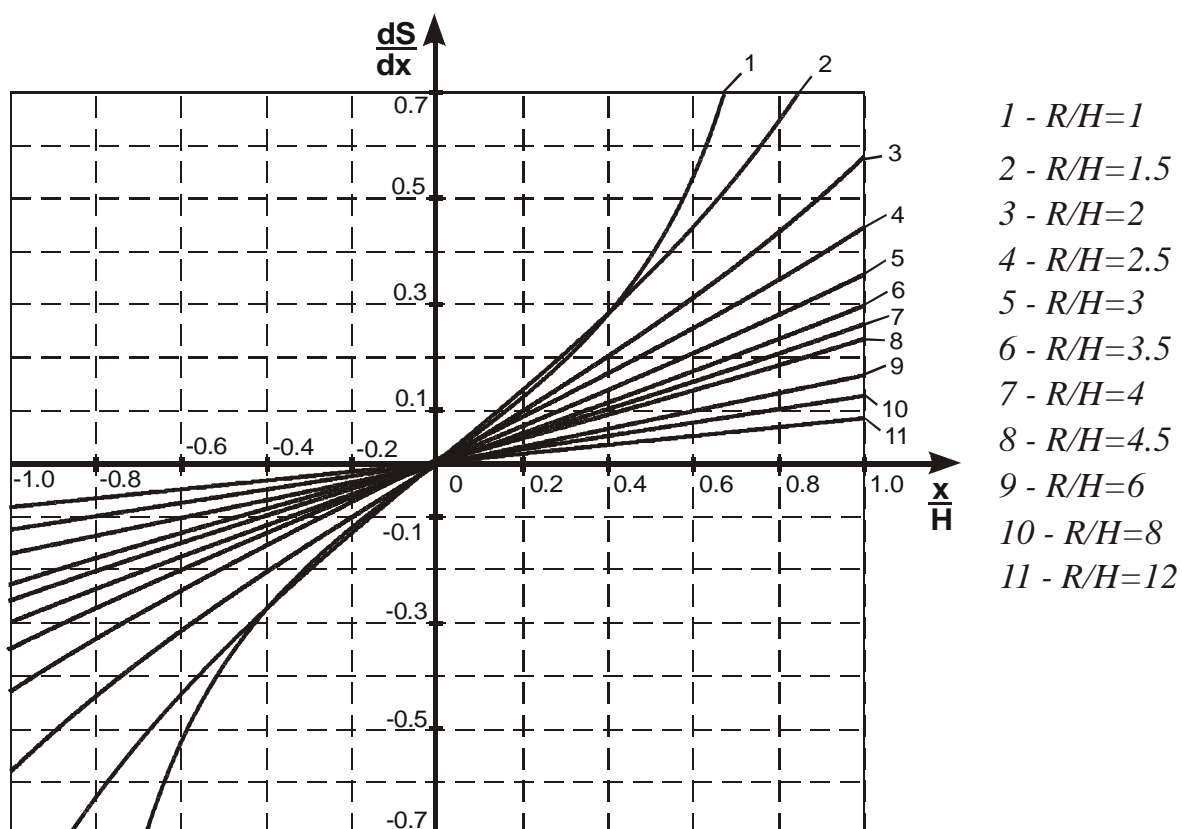


Рис. 2. Кинематические зависимости КШМ с выпуклым клином и группой Ассура второго вида при различных соотношения радиуса клина

Анализ полученных кривых показывает: при увеличении хода клина, скорость ползуна возрастает практически линейно, причем с уменьшением радиуса клина этот рост происходит более интенсивно. Также более интенсивно происходит и рост ускорения, следовательно, и динамических нагрузок на ползун. Так для КШМ с соотношением  $R/H = 3$  ускорение ползуна в процессе движения практически остается неизменным, а для КШМ с  $R/H = 1,5$  изменение ускорения более существенно (см. рис. 1). Таким образом, для разделительных операций, использующих в качестве привода КШМ с выпуклым клином, целесообразно радиус клина принимать максимально возможным.

На рис. 3 изображены кинематические зависимости КШМ с выпуклым входным клином с соотношением  $R/H = 2,5$ , при условии, что график изменения аналога скорости приближается к прямой (см. рис. 2, а) для различных углов  $\alpha$  наклона входного звена – 1.

Анализируя зависимость ПФ1 (см. рис. 3, а), мы видим, что при различных углах наклона график остается приближенным к прямой. Так же видно, что при  $\alpha > 0$  ПФ1 смещается в отрицательную зону, а при  $\alpha < 0$  – в положительную. Знак ПФ1 говорит о направленности движения выходного звена. Изменяя угол, можно добиться того, чтобы при движении входного звена в одну сторону выходное звено не останавливалось, а крайнее нижнее положение ползуна 3 достигалось в крайнем положении клина 1.

Анализируя зависимость аналога ускорения (см. рис. 3, б), видим, что наибольшее значение имеет механизм с углом наклона  $\alpha = 0^\circ$ . По мере изменения угла  $\alpha$  в положительную или отрицательную зону величина аналога ускорения уменьшается, причем при  $\alpha = 10^\circ$  и при  $\alpha = -10^\circ$  значения одинаковые. Поэтому, увеличение значения по модулю угла наклона ползуна 1 приводит к уменьшению динамических составляющих, причем, при  $\alpha$ , стремящейся к нулю, интенсивность возрастания динамических нагрузок на ползун КШМ увеличивается.

На рис. 4, а изображена расчетная схема КШМ с вогнутым входным клином, состоящий из клина 1, двояковыпуклого шатуна 2 и ползуна 3. Клин 1 имеет две рабочие поверхности, одна из которых выполнена плоской и опирается на упорную деталь. Вторая рабочая поверхность клина выполнена по цилиндрическому радиусу и сопрягается с выпуклой цилиндрической поверхностью шатуна 2. Шатун 2 также имеет вторую рабочую поверхность, которая также выполнена по радиусу и сопрягается с цилиндрической поверхностью ползуна 3. На рис. 4, б представлена замещающая схема, представляющая собой двухползунный рычажный механизм, у которого длина шатуна 2 равна радиусу клина  $R$ . На рис. 4, в представлены структурные группы, на которые раскладывается механизм.

Из структурной схемы КШМ с вогнутым клином (см. рис. 4, б) видим, что данная схема аналогична схеме КШМ с выпуклым клином (см. рис. 1, б), следовательно, и кинематические зависимости должны быть одинаковыми.

На рис. 5 представлены графики ПФ1 и ПФ2 для двух механизмов, из которых видно, что данные графики отличаются только знаком. Из этого следует, что движение выходных звеньев подчинено одним и тем же законам, но они разнонаправлены.

На рис. 6, а изображена расчетная схема КШМ, используемого для резки проката эксцентричным кручением, содержащая выпуклый клин 1, совершающий поступательное движение, кулису 2 и камень 3. Звенья 2 и 3 образуют группу Ассура третьего вида. Входное звено 1 взаимодействует со звеном 2 через клиношарнирную поверхность. Механизм преобразует поступательное движение ползуна 1 в качательное движение камня 3. На рисунке обозначены:  $l$  – расстояние от направляющей до оси вращения камня 3;  $H$  – ход ползуна. На рис. 6, б изображена замещающая схема рычажным механизмом, а на рис. 6, в – структурные элементы, из которых состоит механизм.

Проанализируем зависимости аналога угловой скорости ПФ1 и аналога углового ускорения ПФ2 выходного звена 3 от перемещения ползуна 1. На рис. 7 представлены кинематические зависимости ПФ1 (см. рис. 7, а) и ПФ2 (см. рис. 7, б) при разных соотношениях длины  $l$  и хода толкателя  $H$ .

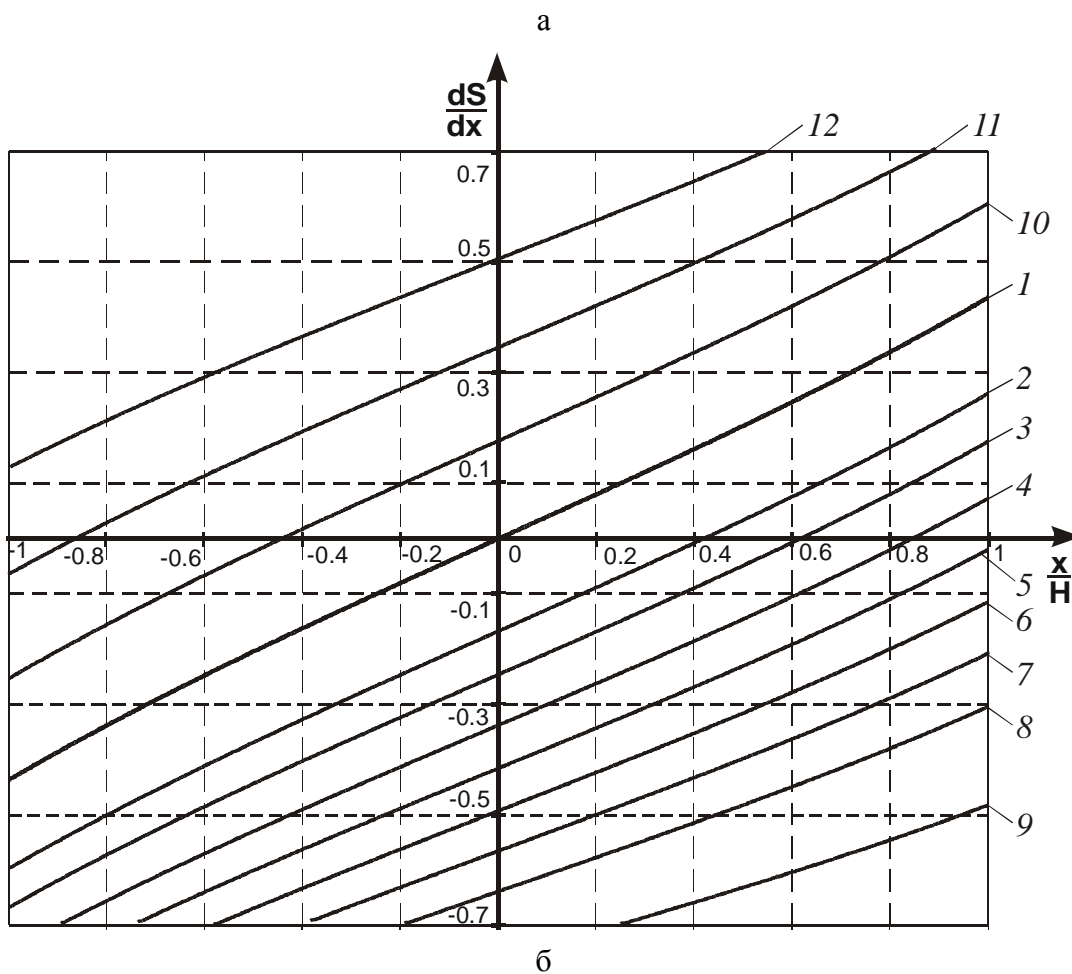
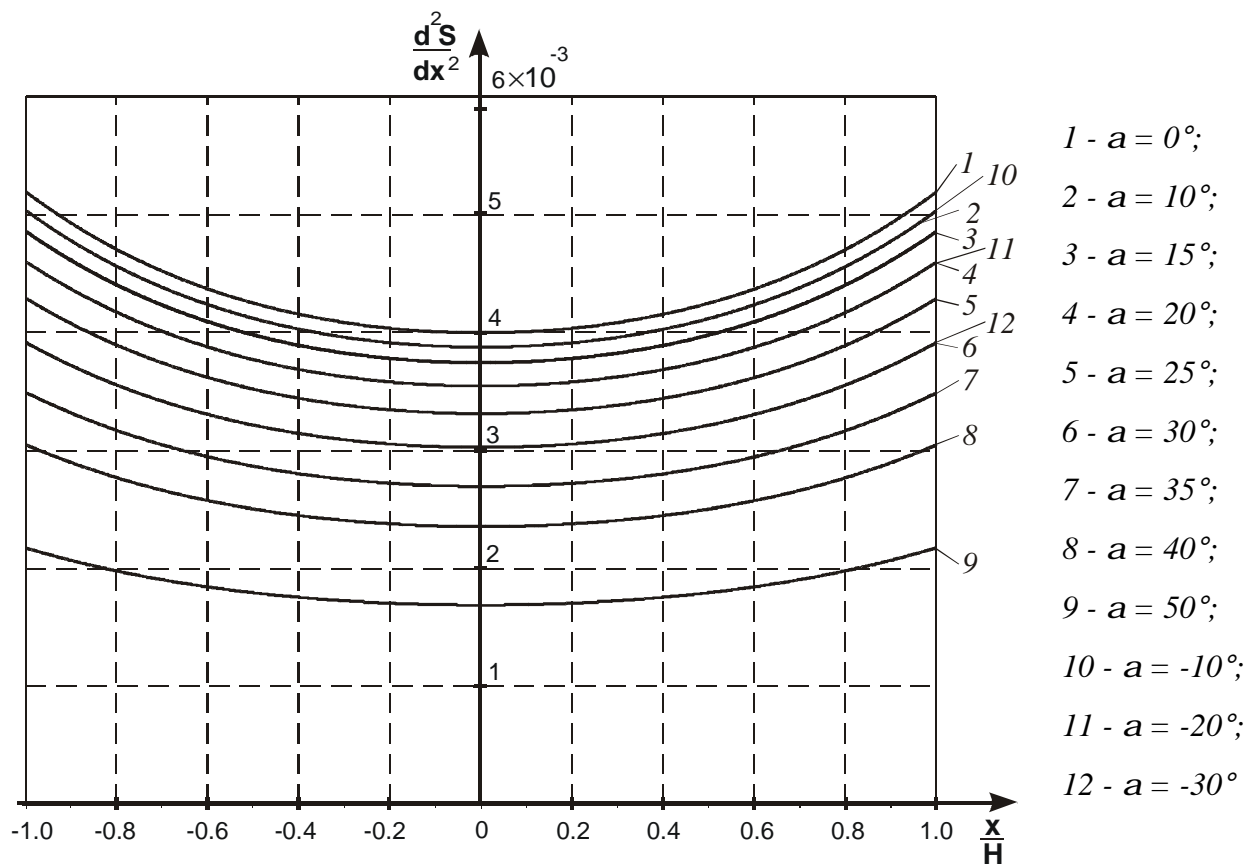


Рис. 3. Кинематические зависимости КШМ с выпуклым клином и группой Ассура второго вида при различных углах наклона клина  $a$

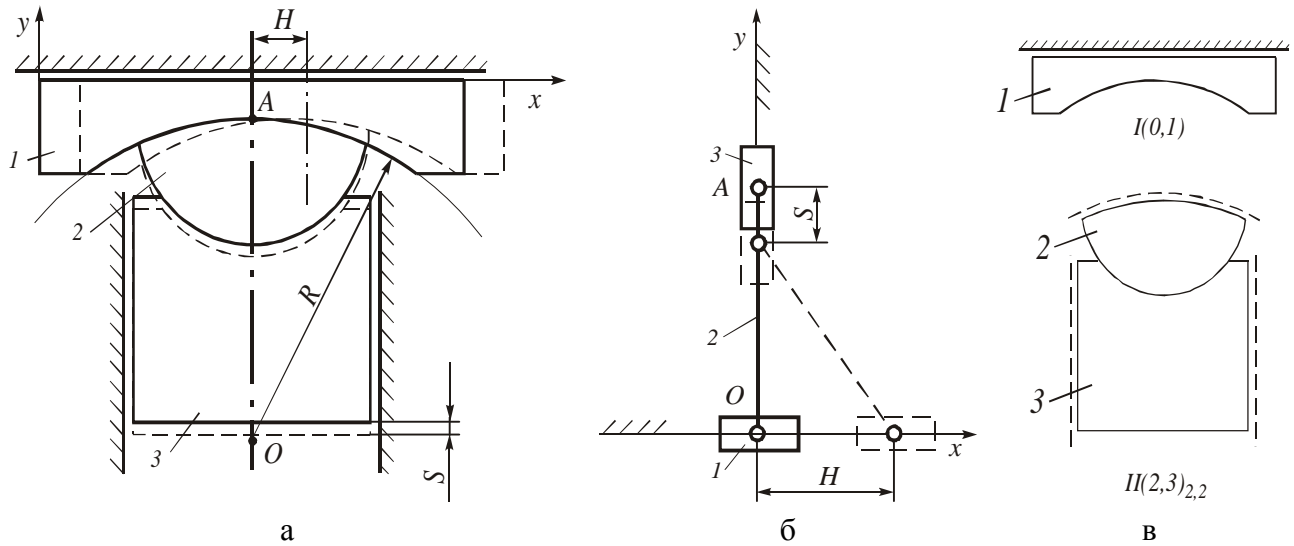


Рис. 4. Расчетная схема КШМ с вогнутым входным клином и группой Ассур второго вида (а), его замещающая схема (б) и разложенная на структурные группы (в)

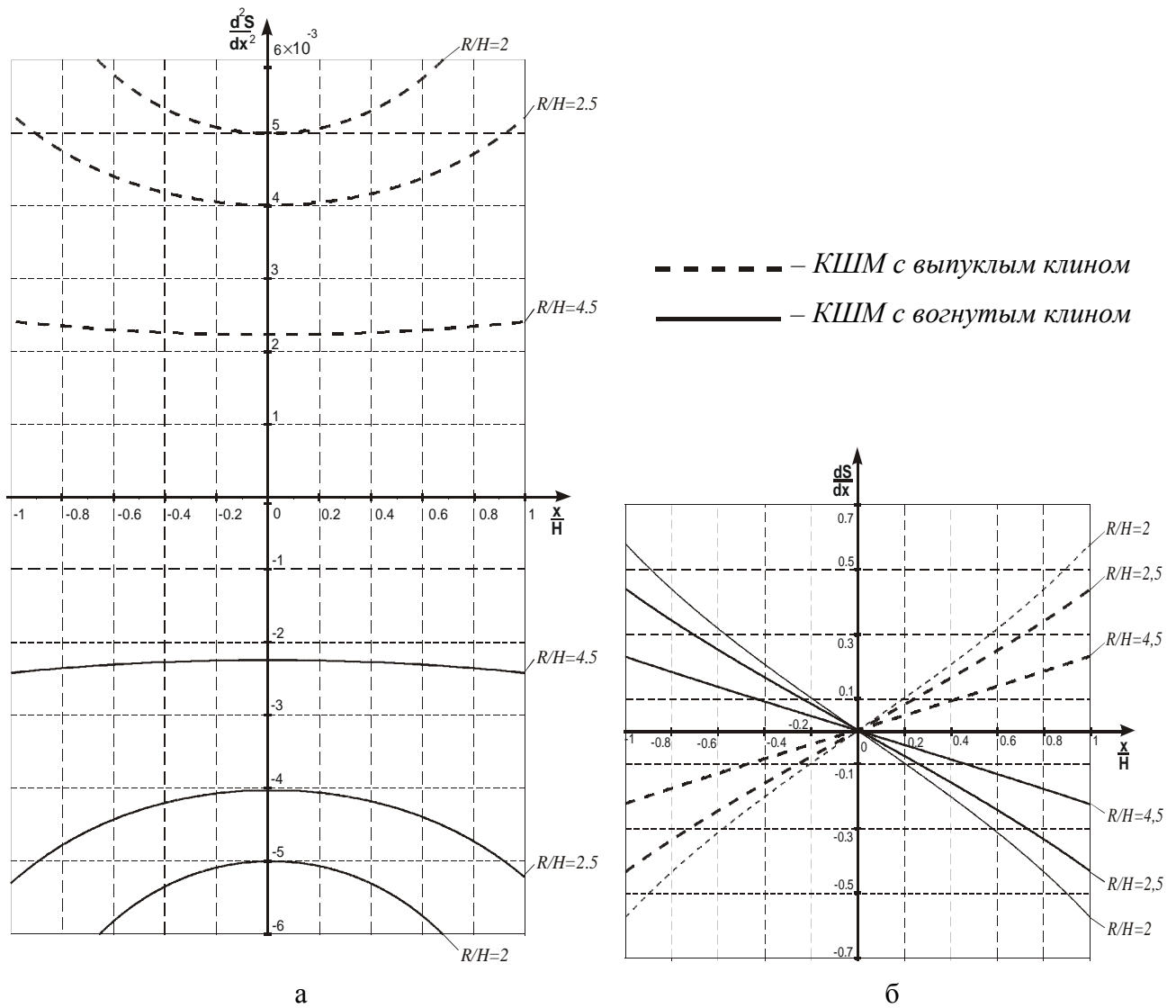


Рис. 5. Кинематические зависимости КШМ с выпуклым и вогнутым клином и группой Ассур второго вида при разных радиусах клина

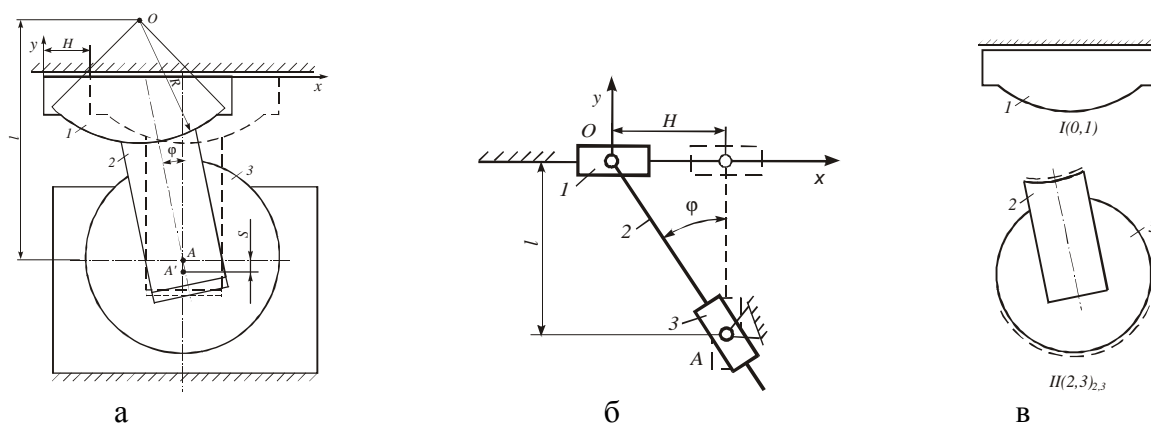


Рис. 6. Расчетная схема КШМ с выпуклым входным клином и группой Ассур третьего вида (а), его замещающая схема (б) и разложенная на структурные группы (в)

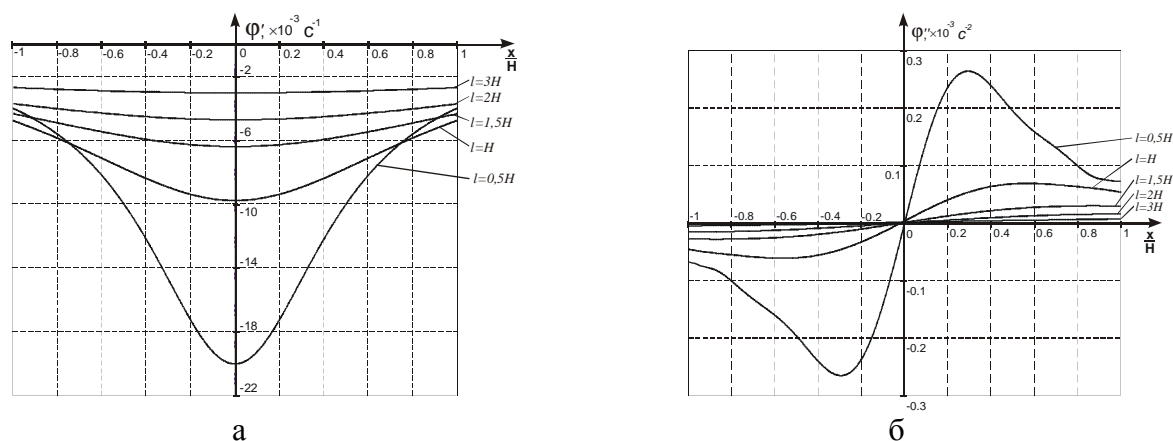


Рис. 7. Кинематические зависимости КШМ с выпуклым клином и группой Ассур третьего вида

Из графиков видно, что чем больше расстояние  $l$ , тем более плавная работа механизма, но максимальный угол поворота камня 3 уменьшается.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика кинематического расчета аналитическим методом и на ее основе созданы унифицированные программные модули, позволяющие делать расчет для всех существующих на данный момент, а также разрабатываемых в будущем типов КШМ. Исследовано влияние геометрических параметров на кинематику движения элементов механизма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование механизмов с переменной клиновидностью для технологических процессов обработки металлов давлением с максимальным начальным усилием / Л. Л. Роганов, С. Г. Карнаух, Н. В. Чоста, В. Е. Шоленинов // *Обработка материалов давлением* : сб. научн. тр. – Краматорск : ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 342–347.
2. Чоста Н. В. Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением. : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Н. В. Чоста. – Краматорск, 2009. – 188 с.
3. Роганов Л. Л. Теоретический анализ возможностей клиношарнирного механизма с вогнутым клином / Л. Л. Роганов, Е. А. Корнева, Н. В. Чоста // *Сб. научн. статей*. – Краматорск : ДГМА, 1996. – Вып. 3. – С. 122–131.

Чоста Н. В. – канд. техн. наук, доц. кафедры ОПМ;

Шоленинов В. Е. – ст. преп. кафедры ОПМ ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: [okmm@dgma.donetsk.ua](mailto:okmm@dgma.donetsk.ua)