

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:  
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ВЫПУСК 27**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
16 – 17 мая 2023 г.*

**ЧАСТЬ IV**

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк  
2023**

МАДИ, 2015. – 80 с

4. Джамай. Прикладная механика: учеб. пособие для вузов / Джамай. - М.: Дрофа, 2004.

5. Григорьев А.Ю., Молчанов Ю.С. Теория механизмов и машин. Структурный анализ механизмов: Учеб.-метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 30 с.

6. Кореняко А. С. ТММ. Учебник для втузов. Изд.3-е, перераб.-Киев:Выща Щкола, 1976.

7. Курсовое проектирование по ТММ. Уч.пособие для механ. И машиностр. Спец. вузов. Под ред. А. С. Кореняко-М.-Л.:Машин-е, 1964, 1970

8. Теория механизмов и машин : учеб. пособие / А. Ю. Муйземнек, А. В. Шорин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – 160 с.

9. Строение и кинематика механизмов : учеб. пособие / О. С. Дюндик ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 144 с. : ил.

10. Рязанцева, И. Л. Теория механизмов и машин в вопросах и ответах: учеб. пособие / И. Л. Рязанцева. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 132 с.

УДК 621.01

## **МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО СОЗДАНИЯ ДИАДНЫХ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Каекбердин Д.Р., Манжос И.Н., Гудимова Л.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: xalk-9696@mail.ru*

В статье представлен разработанный метод построения шарнирных структурных схем механизмов с использованием программного обеспечение «T-Flex». В основе метода заключен принцип параметризации. Такой подход к созданию структур механизмов позволяет создавать подвижную работоспособную модель для дальнейшего кинематического и кинетостатического исследований. Предлагаемый метод может быть применен для построения структур диадных механизмов любой сложности.

Ключевые слова: синтез, структура, механизм, кинематическая цепь, команды автоматизированной программы, узел

Широкое использование плоских шарнирных механизмов требует серьезного исследования траекторий движений как звеньев, так и характерных точек [1-3]. Особенно остро этот вопрос стоит при проектировании многозвенных механизмов и механизмов, имеющих в структуре изменяемый замкнутый контур. Известно, что задача синтеза механизмов может быть решена как графическим, так и аналитическим способом.

При создании структурной схемы механизма, определенного

назначения необходимо обеспечить такие траектории движения и входному звену, и точкам других звеньев, которые обеспечат траектории, перемещения, скорости и ускорения, согласно технологическому циклу. Все перечисленные параметры находятся в зависимости от размеров звеньев механизма. Задачей синтеза должно быть использование автоматизированных средств [4-6], обеспечивающих возможность быстрого изменения размеров, проверки их целостность и проведение дальнейшего кинематического и силового анализа с целью установления оптимальной структуры проектируемого механизма.

В работе представлен метод синтеза структурных схем шарнирных механизмов с использованием автоматической программы «T-Flex». Представим интерфейс программы с рассмотрением команд необходимых для построения. На рисунке 1 показан общий вид интерфейса программы.

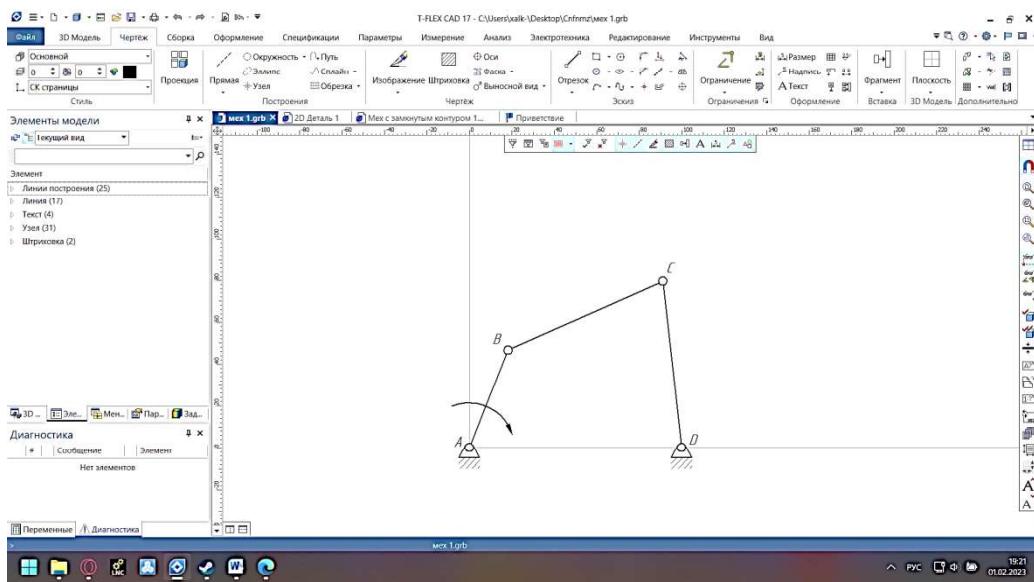


Рисунок 1 – Интерфейс программы «T-Flex»

Приведем в таблице 1 управляющие команды программного обеспечения, используемые при создании структур шарнирных рычажных механизмов.

Таблица 1 – Управляющие команды программы «T-Flex»

№	Рисунок	Команда	Описание
1		Прямая	Построение бесконечной прямой
2		Окружность	Построение окружности
3		Изображение	Создание линии изображения
4		Погасить построения	Скрывает линии построения
5		Штриховка	Создает штриховку
6		Текст	Создает поля для набора текста

Начнем рассмотрения предлагаемого метода создания структурных схем с самого простого – четырехзвенного механизма. Создание механизма в программе «T-Flex» необходимо начинать с использованием команды две перпендикулярные прямые, для того чтобы создать узел в месте пересечения двух прямых. Для удобства рекомендуется поставить точку пересечения в начало координат. Получившийся узел обозначим  $A$  – это место расположения будущего шарнира. Далее из полученного узла строится окружность радиусом  $R_1$  (мм), покажем на рисунок 2, а, как это выглядит.

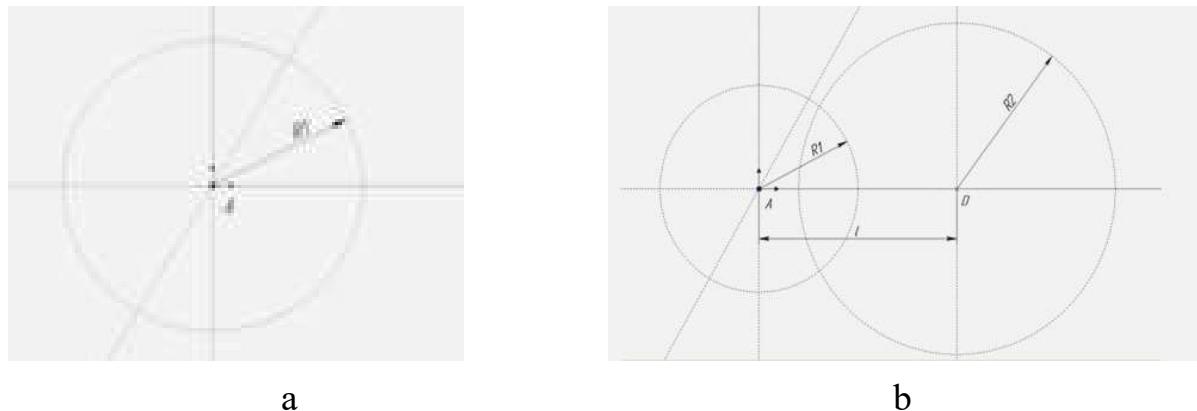


Рисунок 2 – Построение окружности с радиусом  $R_1$  и  $R_2$

Затем из узла  $A$  проводим прямую под углом к горизонтали, рекомендуемые и часто используемые размеры углов для кривошипа  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  и строим следующий узел с координатами по вертикали «0» (мм), а по горизонтали длиной  $l$  (мм). Для описанного построения используется команда вертикальная прямая, которая перемещается на расстояние  $l$  от начала координат и на пересечение с горизонтальной прямой строим узел  $D$ , из которого проводим окружность радиусом  $R_2$  (рисунок 2, б).

На пересечение окружности радиусом  $R_1$  и прямой построенной под углом строим узел  $B$ , который будет являться центром окружности  $R_3$  (рисунок 3, а).

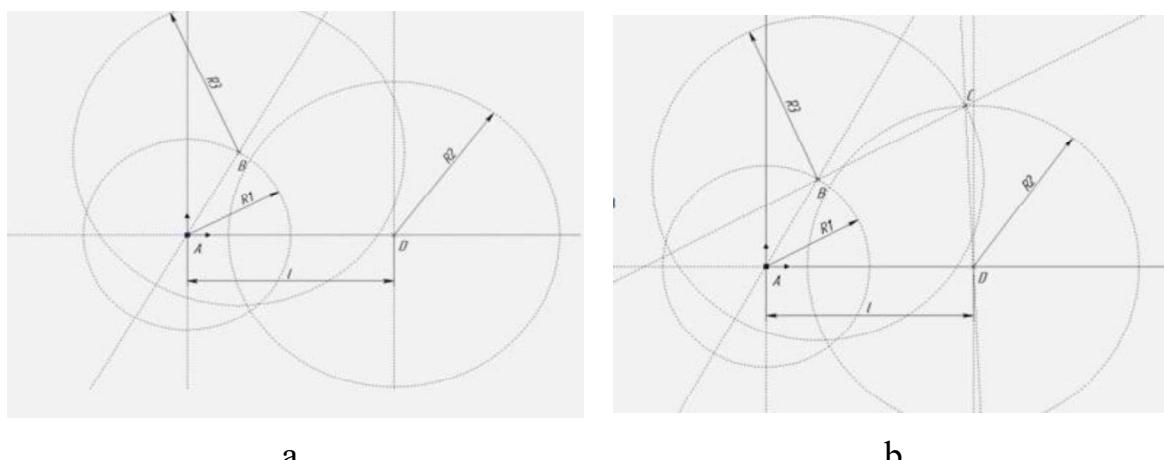


Рисунок 3 – Построение окружности радиусом  $R_3$  (а)  
и построение точки С (б)

Продолжаем построение и на пересечение окружностей радиусами  $R_2$  и  $R_3$  создаем узел  $C$  (рисунок 3, б). Размещая в точках  $A, B, C$  и  $D$  шарниры соединяем их прямыми и получаем структуру четырехзвенного механизма (рисунок 4).

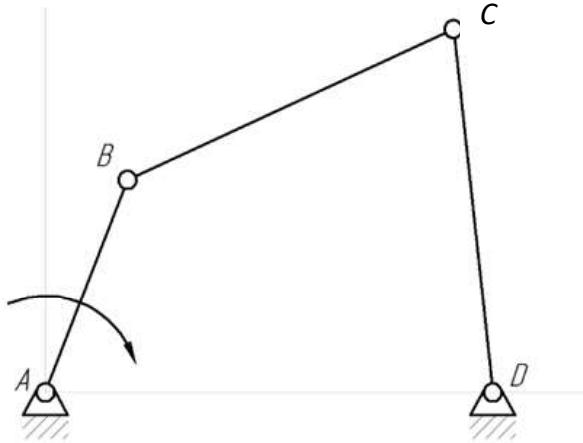


Рисунок 4 – Готовая модель четырехзвенного механизма

Для проведения дальнейших исследований рекомендуется готовую модель механизма проверить на целостность. Для этого задается значение угловой скорости с поворотом кривошипа на 360 градусов. Если произошел случай, приведенный на рисунке 5, а, то следует изменить длины звеньев, соответствующие радиусам  $R_1, R_2$  и  $R_3$ .

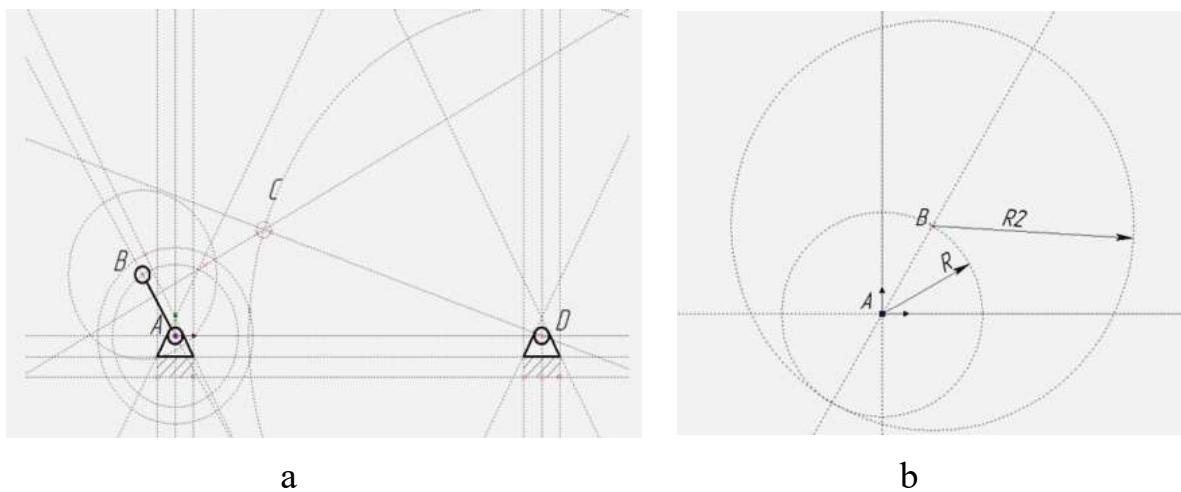


Рисунок 5 – Разрыв звеньев механизма (а), построение окружности радиусом  $R_2$  (б)

Отметим, что приступая к созданию четырехзвенного механизма при выборе длин звеньев (радиусов) необходимо учитывать, что в однокривошипном четырехзвенном механизме должно выполняться условие (теорема) Грасгофа [7],  $a + d < b + c$ , где  $a$  – длина звена кривошипа,  $b$  – длина звена коромысла,  $c$  – длина звена шатуна, а  $d$  – длина самого большого неподвижного звена.

Рассмотрим построение кривошипно-ползунного механизма. В этом

случае, как и в предыдущем примере сначала создается узел  $A$ . На пересечение прямой, проведенной под углом с окружностью радиусом  $R$  строится вторая окружность большим радиусом ( $R_2$ ), таким образом, чтобы окружность радиусом  $R$  вписывалась в новую окружность, центр которой должен находится в точке  $B$  (рисунок 5, б).

Затем проводим прямую из точки  $B$  до пресечения окружности  $R_2$  с горизонтальной линией, место пересечения обозначим  $C$  (рисунок 6, а), последовательно соединяя построенные точки получаем кривошипно-ползунный механизм (рисунок 6, б).

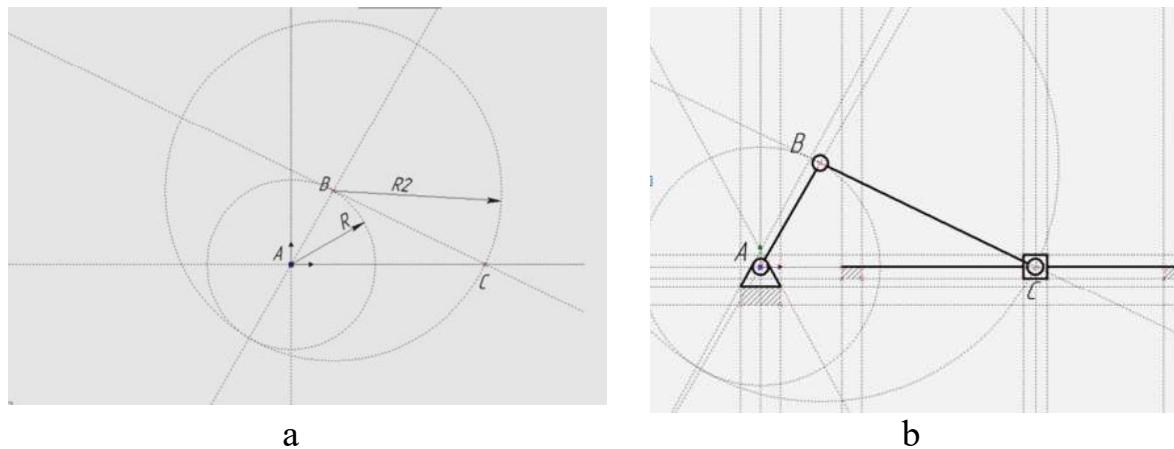


Рисунок 6 – Создание узла С (а), 2D модель механизма (б)

Очевидно, что увеличением числа звеньев и усложнением структуры, например, наличие замкнутого контура построение усложняется, но, если это диаданый механизм, то при определенной последовательности создать 2D модель не представляет трудности. Рассмотрим построение, приведенного на рисунке 7, а десятизвенного диадного механизма. Начало построение проводится аналогично, как в первых двух предыдущих примерах. Для определения положения точки  $D$ , которая является центром окружности  $R_2$ , (рисунок 7, б) необходимо отложить от точки  $A$  по вертикали  $h_1$ , а по горизонтали  $l_1$ .

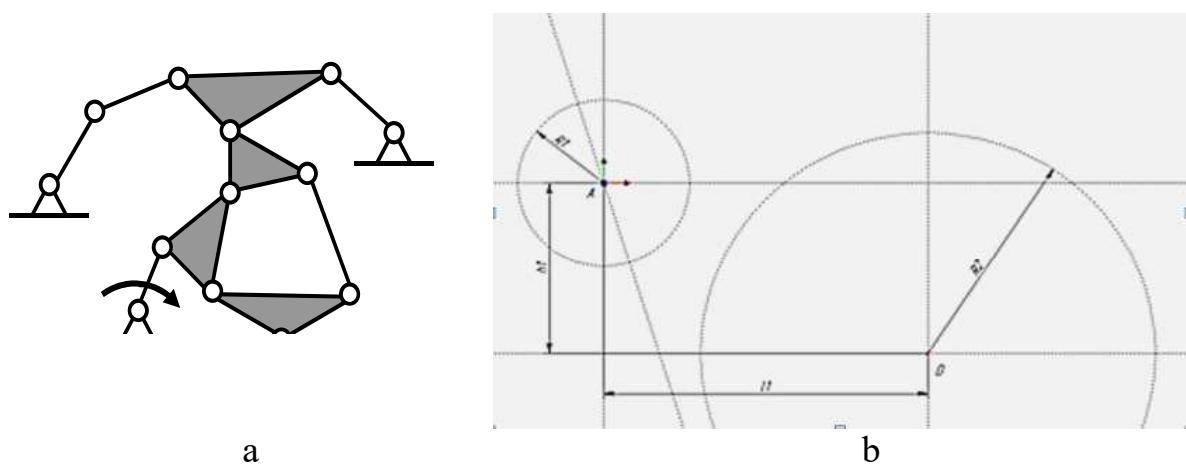


Рисунок 7 – Структура десятизвенного механизма (а),  
построение узла  $D$  и окружности  $R_2$

Продолжая построение, из точки  $B$ , которая находится на пересечение прямой с окружностью  $R_1$ , строим окружность тем же радиусом  $R_2$  (рисунок 8).

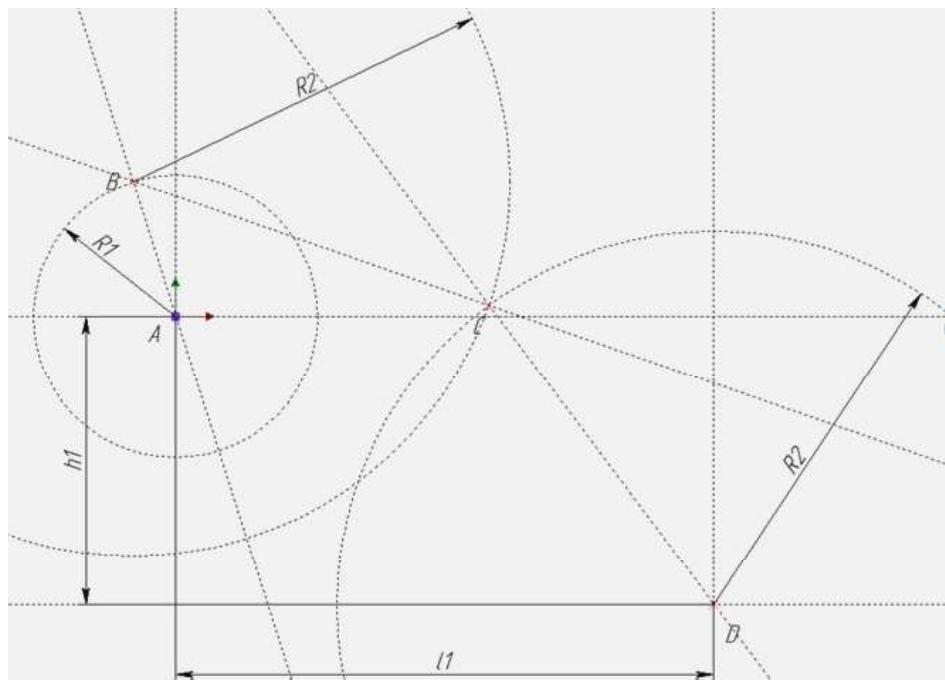


Рисунок 8 – Определение положения узла  $C$

На пресечение двух окружностей  $R_2$  строится узел  $C$ , расположенный выше основной горизонтальной линии и через него проводятся прямые  $BC$  и  $DC$ . Затем из узла  $C$  построится окружность с радиусом  $R_2$  и на пересечении трех окружностей  $R_2$  определяются узлы  $E$  и  $F$  (рисунок 9, а).

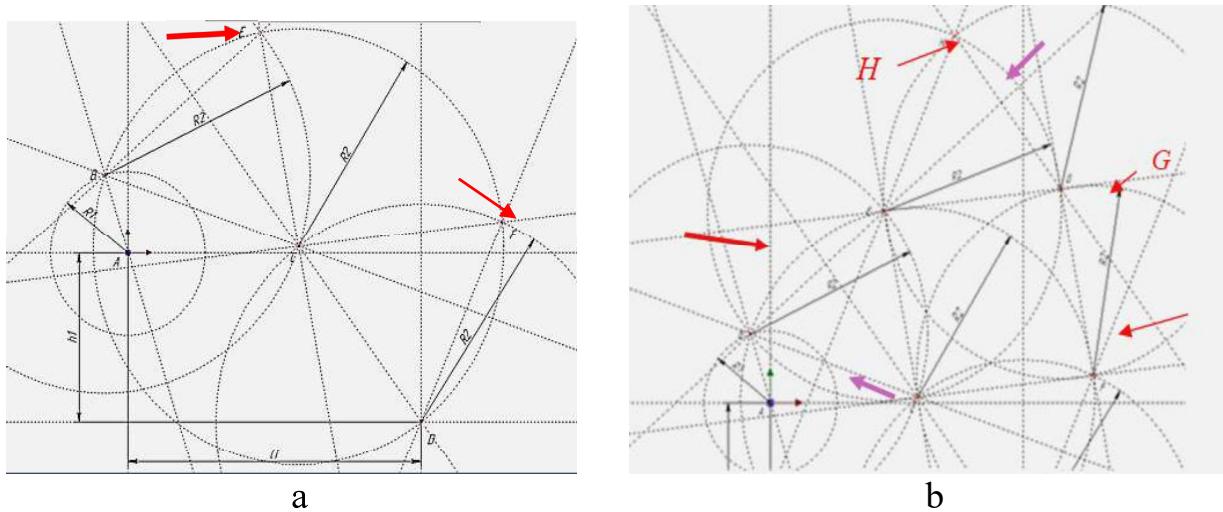


Рисунок 9 – Определение положения узлов  $E$  и  $F$  (а) и узла  $G$  (б)

На месте пересечения окружностей  $R_2$  строим узлы  $G$  и  $H$ , из узлов  $E$  и  $F$  проводим прямые к узлам  $G$  и  $H$  (рисунок 9, б).

Из узла  $H$  строим окружность радиусом  $R_3$ , откладывая координаты  $h_2$  и  $l_2$  определяем узел  $I$  и из него также проводим окружность радиусом  $R_3$  (рисунок 10, а).

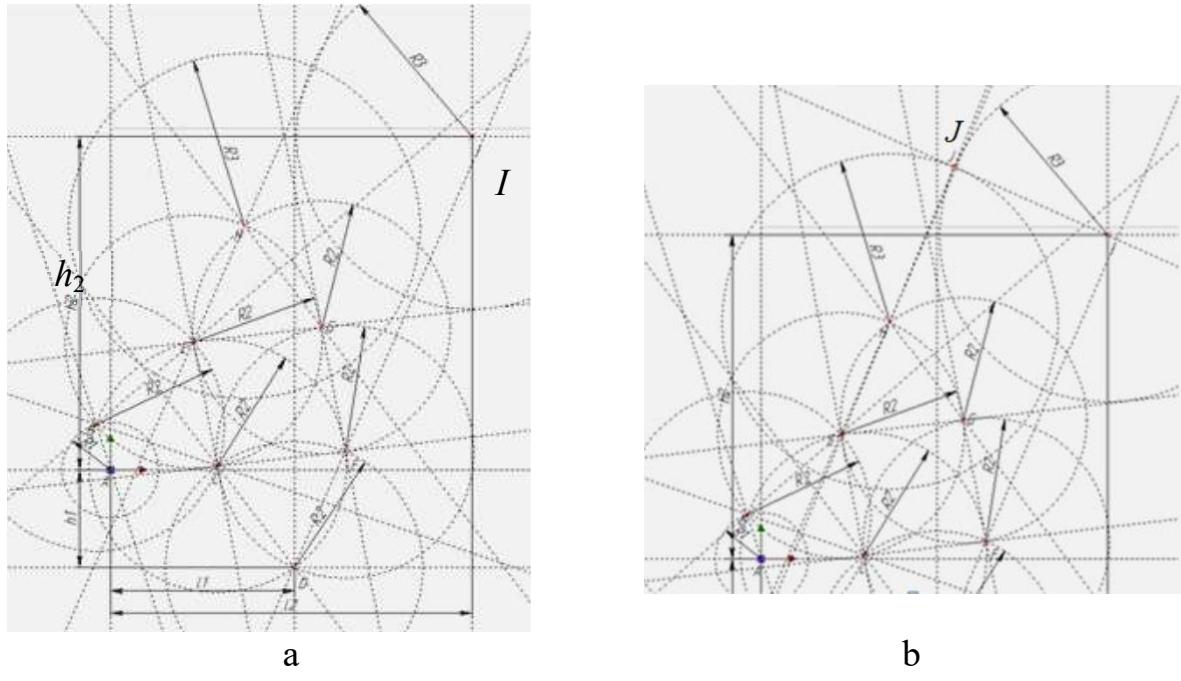


Рисунок 10 – Построение узлов  $I$  (а) и  $J$  (б)

На пересечении двух окружностей с радиусом  $R_3$ , центрами которых являются узлы  $I$  и  $H$ , строим узел  $J$ . От узлов  $I$  и  $H$  проводим прямые к узлу  $J$ . Из узла  $J$  строим окружность радиусом  $R_3$ .

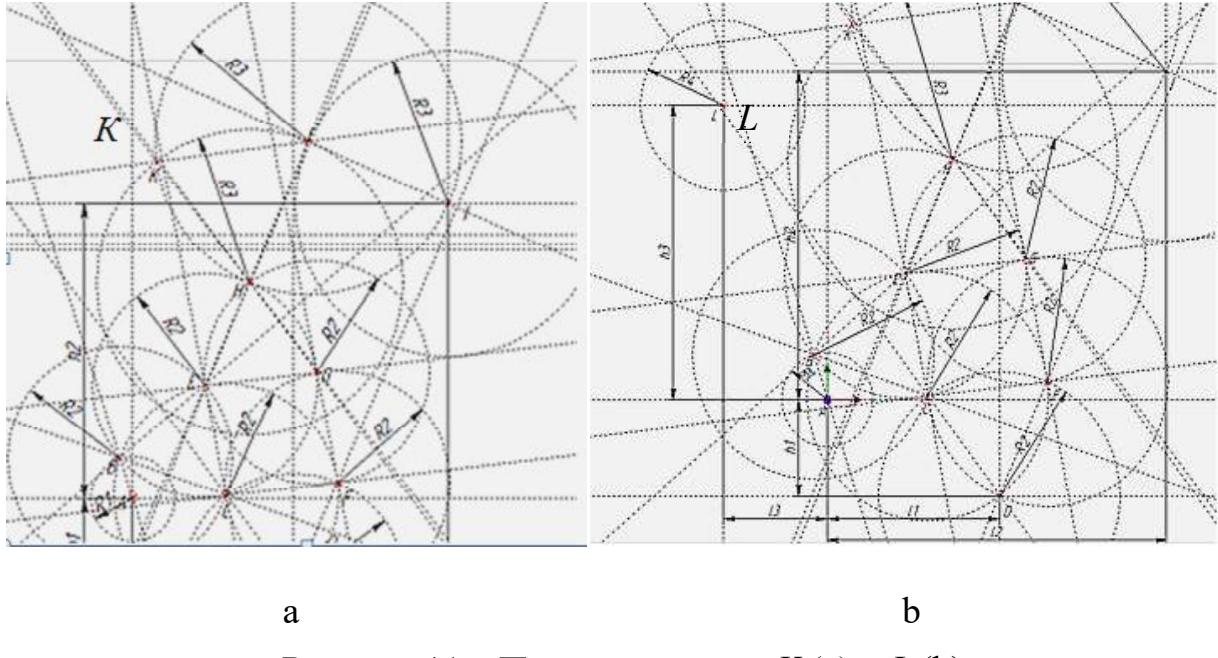


Рисунок 11 – Построение узла  $K$  (а) и  $L$  (б)

На пересечение окружностей радиусами из  $H$  и  $J$ , проведеными из  $H$  и  $J$ , строим узел  $K$  (рисунок 11, а). Затем к узлу  $K$  проводим прямые из узлов  $H$  и  $J$ . Для построения узла  $L$ , необходимо от узла  $A$  отложить координаты  $h_3$  и  $l_3$ , а из центра  $L$  (рисунок 11, б) провести окружность радиусом  $R_4$ . Из узла  $K$  строим окружность радиусом  $R_5$ . На пересечение двух окружностей  $R_4$  и  $R_5$  строим узел  $M$  (рисунок 12, а), а из узлов  $L$  и  $K$  проводим прямые к узлу  $M$ .

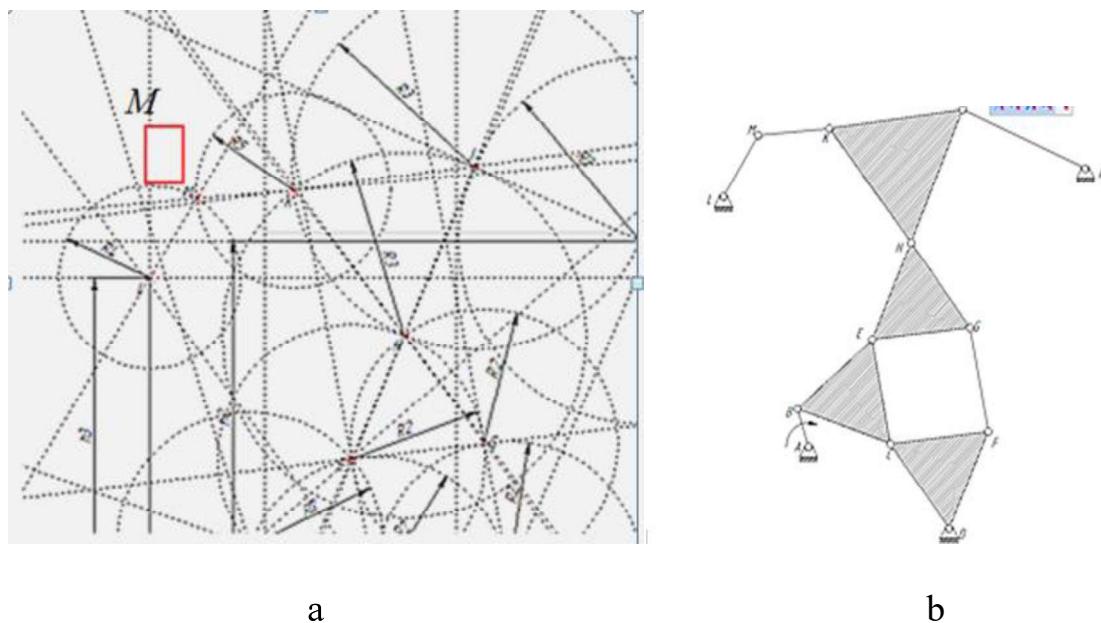


Рисунок 12 – Построение узла М (а), схема механизма с замкнутым контуром (б)

Соединяя узлы, обозначенные при построении буквами латинского алфавита, получаем структурную схему десятизвенного механизма с замкнутым контуром (рисунок 12, б). Отметим выявленные особенности при построении структуры механизма. Определяемое положение узла всегда находится на пересечении двух окружностей, являющихся известными узлами (кинематическими парами), у которых структурно существует связь с неизвестным узлом. Таким образом, графически решается система уравнений, в которой неизвестными являются координаты только одного узла. Прямые, проводимые к узлам, являются контурами звеньев строящего механизма, и позволяют заметить ошибки до получения полной структуры.

К преимуществам разработанного метода можно отнести: возможность построение рабочей 2Д модели, не имея точных размеров звеньев механизма, а так же подбор этих длин вовремя построение модели.

#### Библиографический список

1. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 430 с.
2. Малюх В. Н. Введение в современные САПР. / В. Н Малюх. Курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
3. Ушаков Д.М. Введение в математические основы САПР / Д.М. Ушаков курс лекций. – М.: ДМК Пресс, 2011.– 208 с.
4. Большаков В.П. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, Ю.Т. Лячек. – СПб. : Питер. 2015. – 480 с.
5. Гончаров П.С. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков, И.В. Лаптев, В.А. Осиюк. – Москва: ИД ДМК Пресс, 2009.–376 с.