

УДК 514.758.3

## ОТ ПЛОСКОГО К ОБЪЕМНОМУ: СЛОЖНЫЕ МАКЕТЫ

А.В. Антонян

*Студент, кафедра «Колесные машины», МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Маслова Т.И., ассистент кафедры «Инженерная графика»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[antonyan.akop@yandex.ru](mailto:antonyan.akop@yandex.ru)

Ключевые слова: Макет, развертка, каркас, механизм

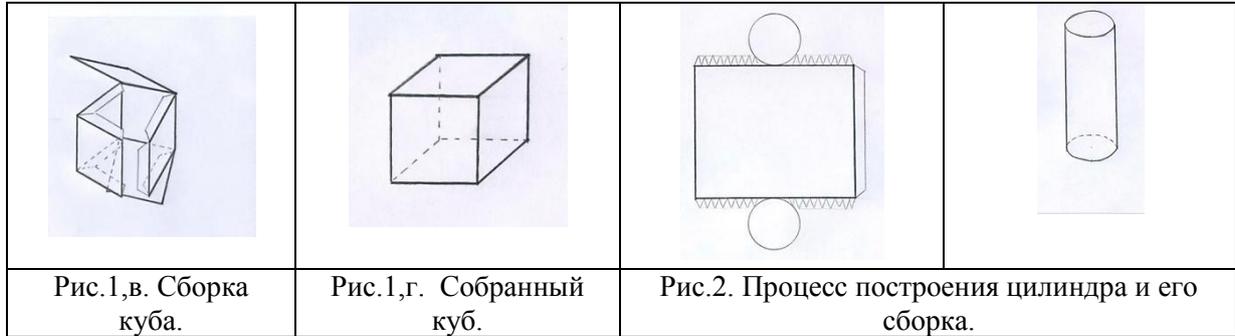
*Experimental model, monolayer scanning, frame, mechanism*

Аннотация: В статье представлено описание изготовления сложных макетов и макетов механизмов, которые выполняются из бумаги. Некоторые выполнены вручную, а другие в программе AutoCAD (режим 2D, для ускорения скорости выполнения и повышения качества). Показаны методы и подходы, а так же различные приемы при построении макетов. Представлено каркасное макетирование - по прямой и обратной схеме. В работе показаны примеры построения разверток вагона, кузова автомобиля и других образцов техники.

Прежде чем перейти к построению макетов сложных форм, необходимо вспомнить начальные знания по выполнению макетов простых геометрических тел. При выполнении макетов используются навыки, полученные при выполнении чертежей. Макет – объемное материальное изображение объекта, позволяющее оценить особенности проектируемого изделия (объемно-пространственную структуру, фактуру поверхности, размеры, пропорции, функционирование и т.д.). В работе показаны различные способы построения разверток сложных макетов («предсказуемой» и «непредсказуемой» формы), каркасов и механизмов. Бумага – легкий в обработке материал, поэтому макеты из бумаги делаются быстро. Именно в макете воплощается физический смысл проекта. Получаемые макеты содержат все признаки реального объекта и позволяют не только оценить внешний вид, но и имитировать различные потребительские эффекты (связанные, например, с креплением и обслуживанием), анализировать конструктивные и технологические решения. Макет можно детально осмотреть со всех сторон, составить все «за» и «против» и в конце концов представить, что же получится в результате. Каркасы применяют, когда необходимо обеспечить прочность основы макета и в то же время легкость и приспособленность к различным видам доработок, которых при макетировании в натуральную величину бывает значительно больше, чем при макетировании с уменьшением.

### ***Базовая часть: построение разверток простых фигур.***

Начнём с простого примера, с куба. Образующие поверхности – 6 плоскостей, а точнее 6 граней, расположение которых показано на рис.1,а. Затем добавляются «поля» (элементы развёртки, благодаря которым стороны развертки соединяются между собой) (рис.1,б). И последний пункт – сборка объекта (рис.1,в,г).



Разберём сборку *цилиндра*. Здесь поверхностей - 3, из них 2 поверхности - основания цилиндра (на развертке изображены в виде кругов) и одна боковая поверхность (прямоугольник) (рис.2).

В этом случае важно знать длину развернутой боковой стороны прямоугольника (длина окружности), которая вычисляется по формуле:

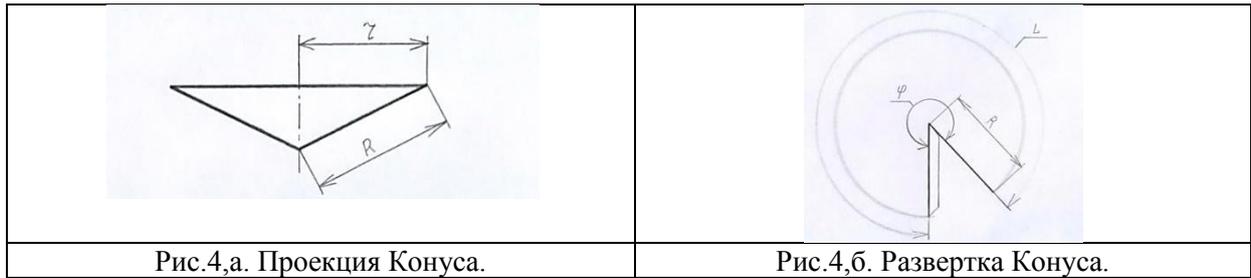
$$L = 2\pi r,$$

где  $L$  – длина развернутой боковой стороны цилиндра,  $r$  – радиус основания (рис.3).



Далее так же по алгоритму сборки куба.

*Конус*. У нас имеется основание конуса (круг) и боковая поверхность конуса. Развертка боковой поверхности конуса представляет собой сектор круга (рис.4,б). Его-то и нужно построить, точнее, определить угол  $\phi$ . Процесс расчета: построить фронтальную проекцию конуса таким образом, чтобы основание конуса проецировалось в прямую. Обозначить радиусы  $r$  и  $R$  на проекции, как показано на рис.4,а:



Рассчитать по формуле угол  $\varphi$ :

$$L = 2\pi r \quad (1),$$

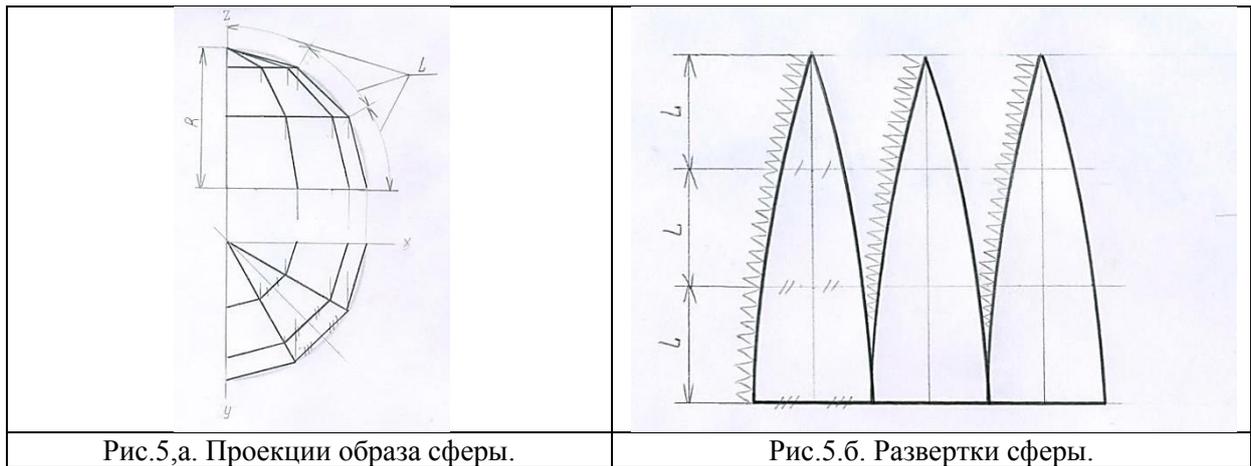
(1) - формула для определения длины окружности. Затем подставить значение  $L$  в формулу (3), которая выводится из (2):

$$L = \frac{\pi R \varphi}{180} \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{L 180}{\pi R} \quad (3),$$

где  $r$  – радиус основания,  $R$  – длина образующей конуса, или радиус сектора.

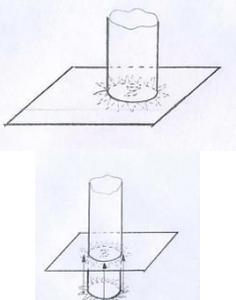
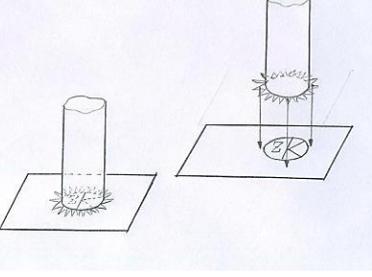
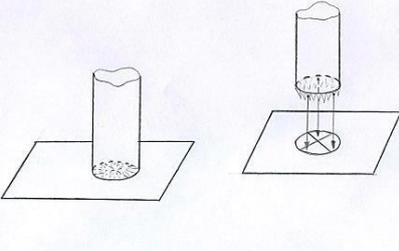
Построение *сферы*. Процесс построения развертки: сначала необходимо построить фронтальную и горизонтальную проекции сферы, причем сферу (октант сферы) желательно сделать граненой (рис.5,а).



На горизонтальной плоскости проекций проводится срединный перпендикуляр к стороне многоугольника, который является приближенной формой окружности (экватора сферы). Затем строится развертка октанта сферы - «лепестки», высота которых (на развертке) равна величине четверти длины главного меридиана сферы. Далее нужно достроить необходимое количество «лепестков».

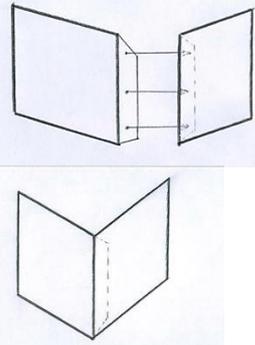
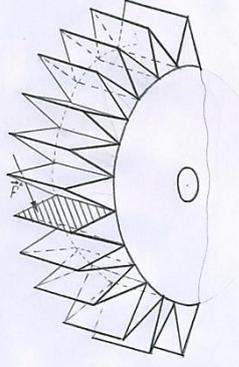
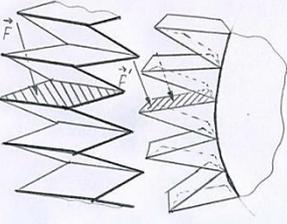
Для создания объекта общего вида необходимо пользоваться пересечением поверхностей простых объектов.

«Сквозное-наружное» показано на рис.7,а:

		
<p>Рис.7а. «сквозное-наружное».</p>	<p>Рис.7,б. «накладочное-наружное».</p>	<p>Рис.7,в. «накладочное-внутреннее».</p>

Существуют и другие способы крепления: «накладочное-наружное» (рис.7.б), «накладочное-внутреннее» (рис.7,в).

Поле - элемент развёртки, благодаря которому стороны развёртки соединяются между собой, как показано на рис.8:

		
<p>Рис.8. Крепление поверхностей между собой.</p>	<p>Рис.9,а. Шестерня.</p>	<p>Рис.9,б. Правильное расположение «полей».</p>

Пример на рис.9,а,б:

В примере с шестерней видно, что сила прикладывается на выделенную (заштрихованную) поверхность. Если поля жестко соединены со звездой, как на рис.9,б, то продавливания под действием силы не произойдет, так как действующая сила  $F$  распространяется на выделенной поверхности. Эта сила будет передаваться на поля в виде силы  $F'$ . В ином случае (поля жестко скреплены с ремешком) произойдет продавливание.

**Сложные макеты.** Теперь приступим к построению сложных макетов и механизмов. Сначала по чертежу представляют форму изображаемого объекта. Оценивается геометрия. Выбирается принцип построения макета: прямой или обратный. В чем их различие? Различие в том, что в прямом принципе выполняется построение сначала каркаса, т.к. форма «предсказуемая» (макет вагона), а в обратном – если форма «непредсказуемая» то есть, форма состоящая из поверхностей общего положения (автомобиль). Элементами каркаса являются стойки, балки, лонжероны, которые в большинстве случаев, прямоугольного и квадратного сечений. Построение разверток элементов каркаса схоже с построением развертки призмы. Элементы каркаса необходимо соединять между собой. Ниже даны примеры соединений (стойки, лонжероны, балки):

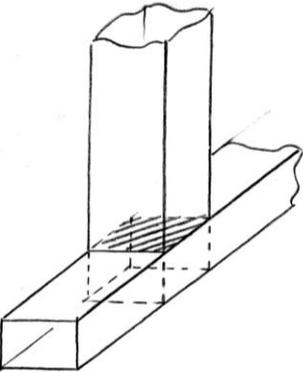
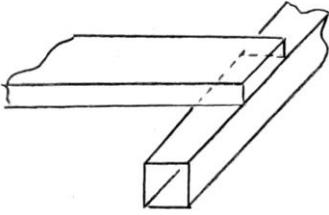
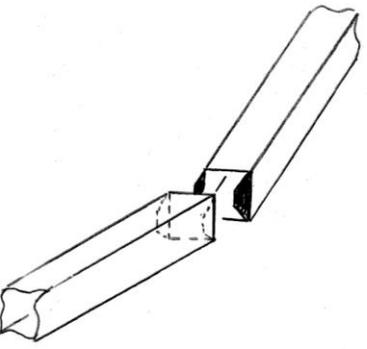
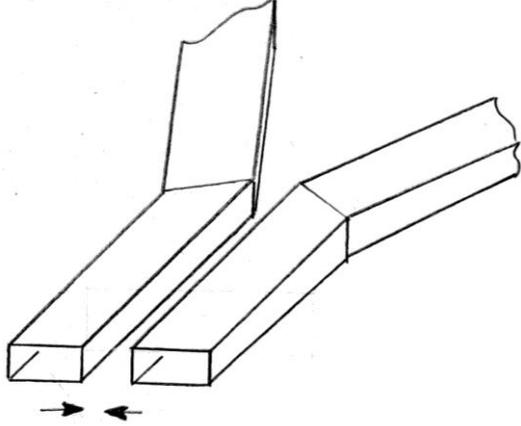
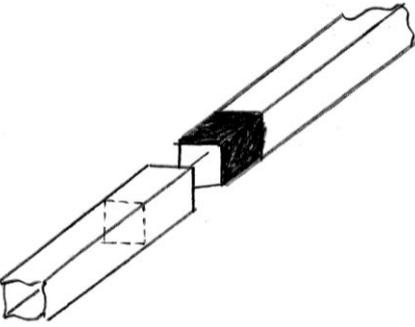
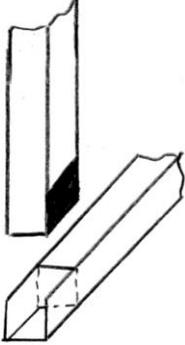
	
<p>Вариант 1</p>	<p>Вариант 2</p>
	
<p>Вариант 3</p>	<p>Вариант 4</p>
	
<p>Вариант 5</p>	<p>Вариант 6</p>

Рис.10. Варианты креплений.

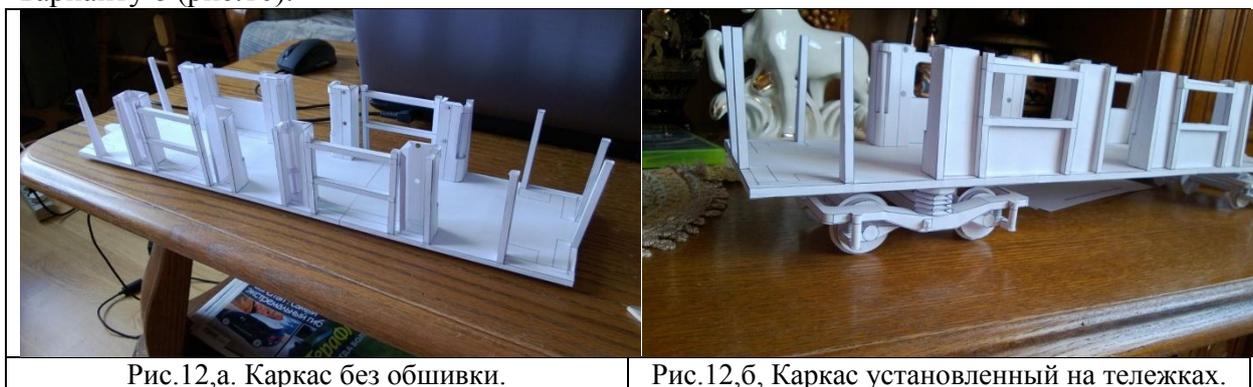
Штрихованные области – вырезанная часть, закрашенная – поля. После построения каркаса устанавливается обшивка, если применен прямой принцип построения. Далее показан процесс выполнения макета промежуточного вагона метро (81-740.4 «Русич»).

**О макете.** Масштаб 1:25. Выполнялся примерно 1,5 месяца. Применен прямой принцип построения, так как геометрия достаточно простая (поверхности проецирующие, поверхности общего положения отсутствуют). Макет нигде не провисает, как раз благодаря каркасу. Конструкция состоит из двух частей: корпус и крышка. Наличие каркаса дало возможность сделать детально салон вагона. Двери, которые в дальнейшем были установлены в свои проемы, так же выполнены каркасным способом (вариант 6 рис.10). Т.е. выше сказанное (салон, двери) говорят о том, что можно задавать толщину стенок.

Процесс выполнения: удобнее всего было начать с построения тележек вагона (габариты тележек). Здесь каркасный метод применяется редко т.к. сама рама тележки и есть каркас. Предусмотрена «амортизация». Эта деталь работает благодаря конструктивным свойствам бумаги, ее работы на упругость («гармошка»). Изображения даны ниже рис.11,а,б:



Далее собираем каркас корпуса, который состоит из рамы и стоек. Рис.12,а,б. Габариты рамы собраны по варианту 6 и 5 (рис.10), а промежуточные поперечные балки установлены по варианту 1 (рис.10). Стойки, относительно рамы, установлены по варианту 6 (рис.10).



В первую очередь удобнее всего собрать внутреннюю часть макета – салон вагона. В роли обшивки - внутренние стенки. К ним устанавливаются сидения и прочие элемент салона (поручни). Рис. 13,а,б:



Рис.13,а. Вид салона.



Рис.13,б. «Взгляд пассажира».

Как говорилось ранее, конструкция состоит из двух частей: корпус и крышка. Каркас крышки выполнен по варианту 4 и варианту 6 (рис.14). Так же показана сборка каркасов двух частей (рис.15). Их соединение выполнено по варианту 3 (рис.10).

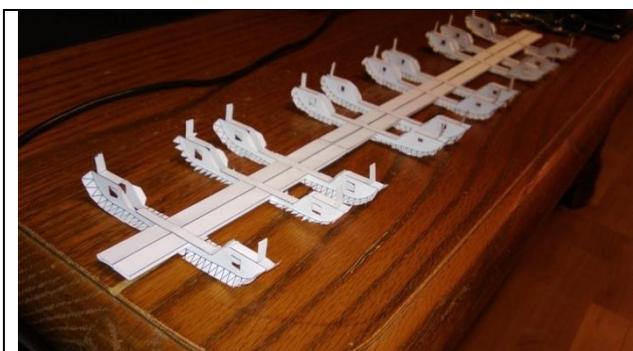


Рис.14. Каркас крышки.



Рис.15. Соединение.

В конце клеится обшивка и элементы, устанавливаемые на корпус (рис. 16,а,б,в,г).



Рис.16,а. Торец.



Рис.16,б. Стенки.



Рис.16,в. Общий вид.



Рис.16,г. Наружные элементы.

Готовый макет вагона рис.17,а,б,в,г:



Рис.17,а. Сочленение.



Рис.17,б. Готовый вагон.



Рис.17,в. Второй вагон (с разрезом).



Рис.17,г. Сам разрез.

А теперь рассмотрим построение каркаса макета с обратным принципом построением на примере автомобиля «Ансырь» разработанного на кафедре «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

**О макете.** Масштаб 1:10. На данный момент в процессе создания. Применен обратный принцип построения, так как геометрия достаточно сложная (присутствуют поверхности общего положения). Макет, так же как и в предыдущем примере, нигде не провисает благодаря каркасу. Соединения элементов каркаса выполнены по вариантам 2, 3, 6. Сначала была собрана обшивка, а затем с учетом особенностей формы был выполнен каркас. Конструкцию можно увидеть на рис. 18,а,б,в,г,д:



Рис.18,а. Перед.

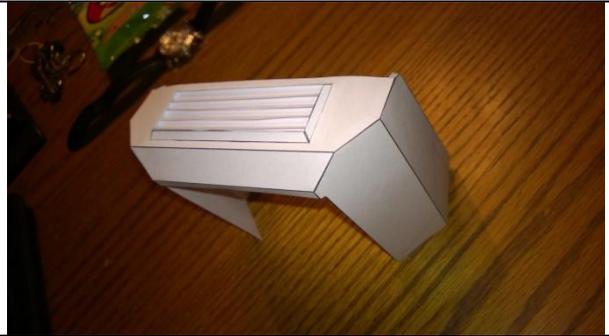


Рис.18,б. Перед с другого ракурса.



Рис.18,в. Каркас.



Рис.18,г. Каркас.



Рис.18,д. Собранны каркас и обшивка.

**Механизмы.** В этом разделе описывается пример создания макета механизма. В качестве примера дан реечный механизм. В свою очередь, зацепление зубчатого колеса и рейки было спроектировано в курсовом проектировании предмета «Теория механизмов и машин». В данном примере показано наличие и соответственно выполнение шпоночного соединения. Процесс выполнения: сначала вычерчивается две звезды с жестким соединением полей, которые будут расположены в торцах, и две звезды без полей - расположены внутри (играют роль каркаса). Между звездами располагаются шайбы имеющие толщину 5; 10; 5 мм соответственно. Так же в отверстиях зубчатого колеса выполнен паз для шпоночного соединения (Рис. 19,а,б).

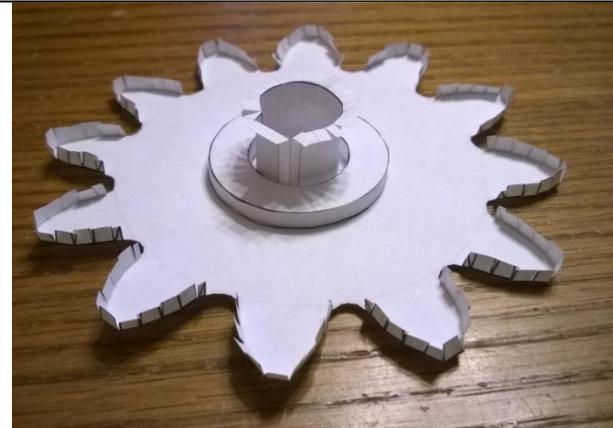


Рис.19,а. Звезда.

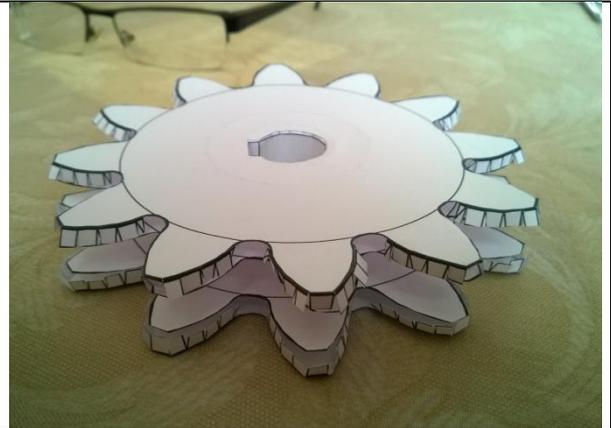


Рис.19,б. Набор звезд.

Затем собирается ремешок. Он выполнен из отдельных модулей, так как собирать такого рода элемент удобнее всего по частям. На ремешке отсутствуют поля, так как может произойти продавливание под большим усилием, несмотря на наличие звездочек расположенных внутри. Рис.20.

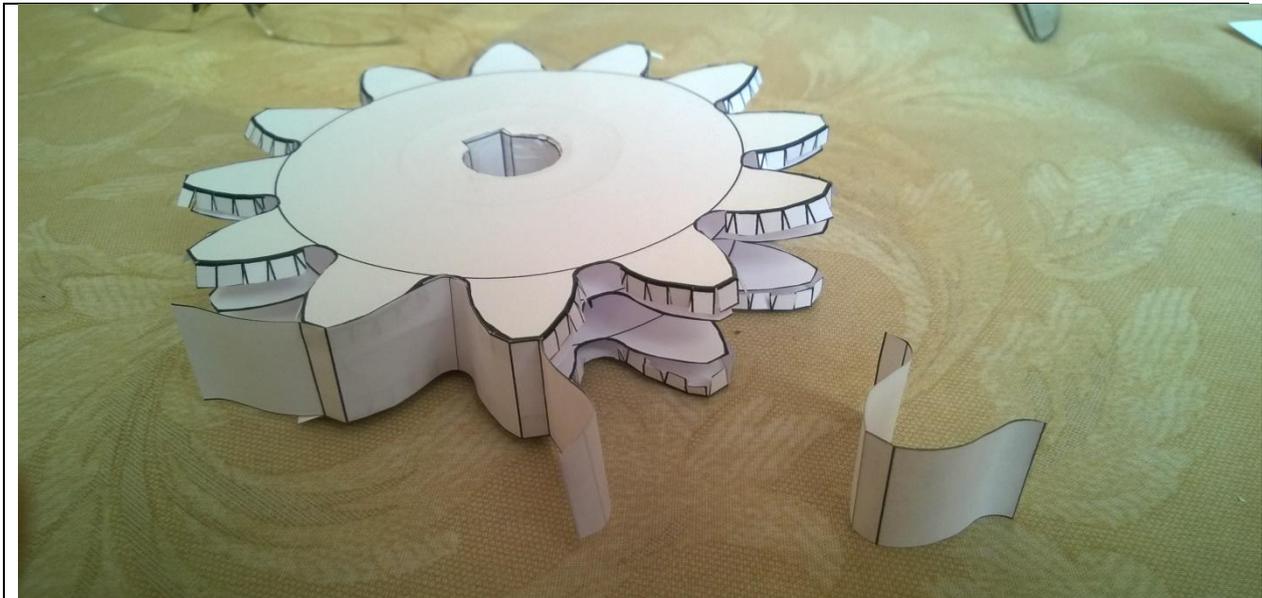


Рис.20. Сборка зубчатого колеса.

Затем собирается рейка. Конструкция аналогична той, которая была применена в сборке зубчатого колеса, с той лишь разницей, что здесь нет каркаса (рис.21).

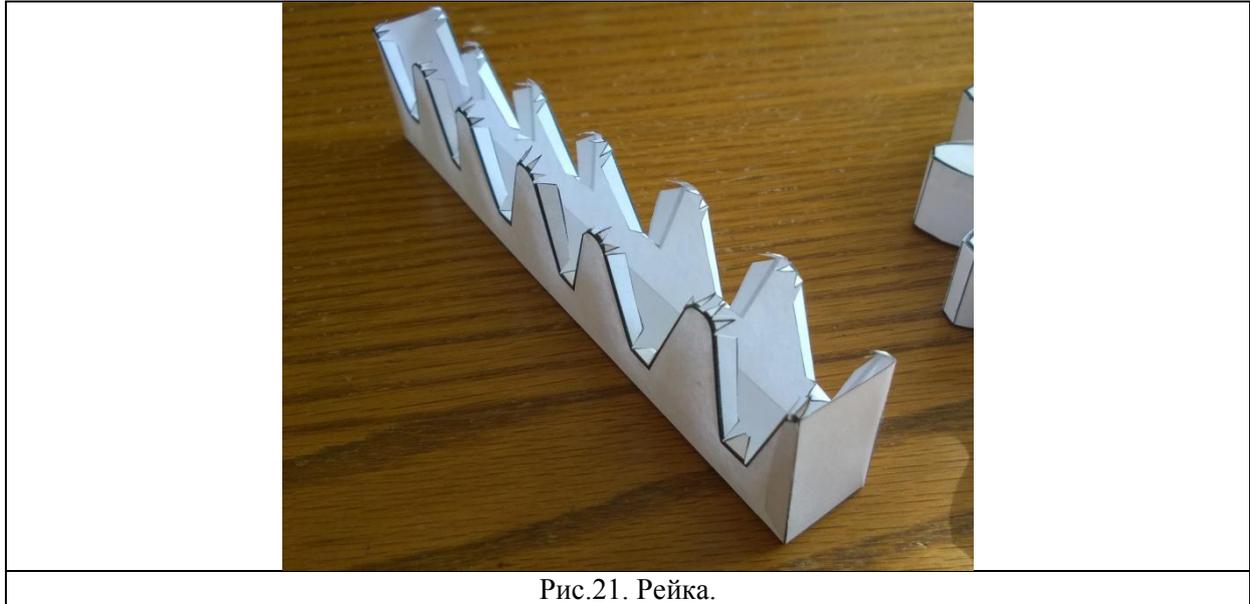


Рис.21. Рейка.

Далее выполняется вал. Построение развертки вала основана на принципе построения цилиндра. В развертке выполняется прямоугольный вырез для паза. Развертка призматической шпонки схожа с разверткой куба. Размеры шпонки были выбраны произвольно (т. к. это лишь пример). И в конце создается корпус. Все детали устанавливаются по своим местам (рис. 22,а,б.).

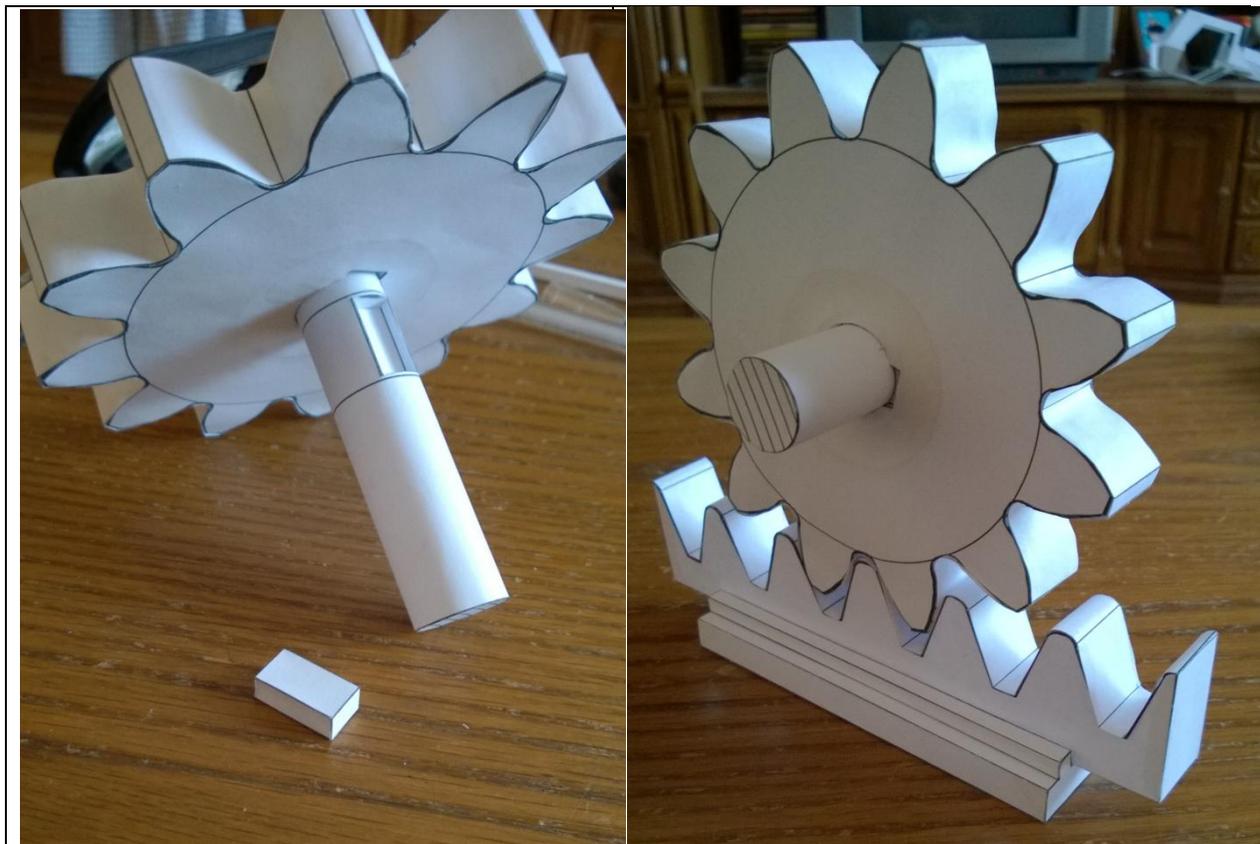


Рис.22,а. Паз и шпонка.

Рис.22,б. Собранный механизм.

**Заключение.** Полученные результаты показывают большие возможности построения макетов, в связи с этим в дальнейшем планируется выполнять макеты сборочных единиц.

### **Список литературы**

- 1.Калмыкова Н.В., Максимова И.А. Макетирование: Учебное пособие. – М.: Издательство «Архитектура-С», 2004.-96 с., ил.
- 2.Коротеева Л.И., Яскин А.П. Основы художественного конструирования: Учебник. – М.: Издательство «ИНФРА-М», 2011.-304 с. – (Высшее образование).
- 3.Лагерь А.И., Основы начертательной геометрии: Учебник/А.И. Лагерь, А.Н. Мота, К.С. Рушелюк. – 2-е издание – М.: Высшая школа, 2007.-281 с., ил.
- 4.Стасюк Н.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Макетирование: Учебное пособие, 2010.-96 с., ил.
- 5.Аргумент «За!» Молодежный научно-творческий журнал, №1, декабрь, 2007.