

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №33»  
Артемовского городского округа**

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ИТОГОВЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: «**Мосты**»

Выполнил: Басков Данил Александрович,  
ученик 11 класса

Руководитель проекта: Глеб Татьяна Ни-  
колаевна, учитель физики

2023 год

**Оглавление:**

<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>Ж</b>	
<b>В</b>	
<b>И Практическая часть.....</b>	<b>18-25</b>
<b>А Заключение.....</b>	<b>26</b>
<b>И Список литературы.....</b>	<b>26</b>
<b>и</b>	
<b>ри</b>	

## **Введение.**

**Мост** — дорожное сооружение, возведённое над каким-либо препятствием, например, через водоём, овраг.

Мост, возведённый через дорогу, железнодорожные пути называют путепроводом, через овраг или ущелье — виадуком.

Как правило, мосты состоят из пролётных строений и опор. Пролётные строения служат для восприятия нагрузок и передачи их опорам; на них может располагаться проезжая часть, пешеходный переход, трубопровод и так далее. Опоры переносят нагрузки с пролётных строений на основание моста. Пролётные строения состоят из несущих конструкций: балок, ферм, диафрагм (поперечных балок) и собственно плиты проезжей части. Статическая схема пролётных строений может быть арочной, балочной, рамной, вантовой или комбинированной; она определяет тип моста по конструкции. Обычно пролётные строения прямолинейны, однако в случае необходимости (например, при постройке эстакад и дорожных развязок) им придают сложную форму: спиралеобразную, кольцевую, и так далее.

**Цель работы:** Изготовить макет моста по чертежам Леонардо да Винчи, изучить его строение и особенности, выявить возможные области применения данной конструкции.

### **Задачи:**

- изучить виды мостов, их строение и классификации,
- рассмотреть катастрофы ,
- мосты моего родного края,
- используя чертежи Леонардо да Винчи изготовить одну из его идей.

## Основная часть.

### 1. Краткая история.

Природным прототипом моста являлось дерево, упавшее с одного берега на другой. В сущности, такими же являлись и возникшие в глубокой древности примитивные мосты, представлявшие собой перекинутое через ручей бревно .

Позже в качестве материала начали использовать камень. Первые подобные мосты стали строить в эпоху рабовладельческого общества. Первоначально из камня делали только опоры моста, но потом и вся его конструкция стала каменной.

В Средние века рост городов и бурное развитие торговли вызвало необходимость в большом количестве прочных мостов. Развитие инженерной мысли позволило строить мосты с более широкими пролётами, пологими сводами и менее широкими опорами. Самые крупные мосты того времени достигают в пролёте более



Древнеримский мост Понте де Тиберио в Римини

С конца XVIII века для строительства применяется металл. Первый металлический мост был построен в Коулбрукдейле, Великобритания на реке Северн в 1779 году. Высота его пролёта составляла около 30 м, перекрытия представляли собой чугунные арки.



В XIX веке появление железных дорог потребовало создания мостов, способных выдерживать значительные нагрузки, что стимулировало развитие мостостроения. Постепенно в качестве основных материалов в мостостроении утверждаются сталь и железо. Густав Эйфель в 1877 году построил арочный мост из литого железа через реку Дору в Португалии. Высота пролёта этого моста составила 160 м. Длиннейшим в Европе конца XIX века был мост через Волгу в Сызрани, построенный по проекту Николая Аполлоновича Белелюбского и составлявший 1443 м в длину. В 1900 году медали на Всемирной выставке в Париже удостоился мост через Енисей в Красноярске (проект Лавра Дмитриевича Проскурякова).

В XX веке мосты стали строить из железобетона. Этот материал выгодно отличается от стали тем, что не требует регулярной покраски. Железобетон применялся для балочных пролётных строений до 50 м, а арочных — до 250 м. Продолжает применяться и металл — в XX веке были построены крупные металлические мосты — балочный через реку Святого Лаврентия в Канаде (длина пролёта 549 м), через пролив Килл-ван-Килл в США (503,8 м), а также мост «Золотые ворота» в Сан-Франциско, США (длина главного пролёта — 1280 м).

Крупнейшие мосты современности, в том числе, высочайшие в мире Виадук Мийо и мост Акаси-Кайкё (длина главного пролёта 1991 м), относятся к вантовым и подвесным. Подвесные пролётные строения позволяют перекрывать наибольшие расстояния.



## 2. Виды и классификация.

**Мост** — дорожное сооружение, возведённое над каким-либо препятствием, например, через водоём, овраг.

Мост, возведённый через дорогу, железнодорожные пути называют путепроводом, через овраг или ущелье — виадуком.

Как правило, мосты состоят из пролётных строений и опор. Пролётные строения служат для восприятия нагрузок и передачи их опорам; на них может располагаться проезжая часть, пешеходный переход, трубопровод и так далее. Опоры переносят нагрузки с пролётных строений на основание моста.

Пролётные строения состоят из несущих конструкций: балок, ферм, диафрагм (поперечных балок) и собственно плиты проезжей части. Статическая схема пролётных строений может быть арочной, балочной, рамной, вантовой или комбинированной; она определяет тип моста по конструкции. Обычно пролётные строения прямолинейны, однако в случае необходимости (например, при постройке эстакад и дорожных развязок) им придают сложную форму: спиралеобразную, кольцевую, и так далее.

## По пропускной нагрузке делятся на:

- Железнодорожные
- Автомобильные
- Пешеходные
- Велосипедные
- Комбинированные (например, автомобильно-железнодорожные).
- Водные путепроводы (мосты для кораблей с низкой ватерлинией в Ирландии, Германии).
- Выделяют также трубопроводные мосты, акведуки и виадуки.

По статической схеме мосты делятся на балочные, распорные и комбинированные.

- **Балочные** — самый простой вид мостов. Предназначены для перекрытия небольших пролётов. Пролётные строения — балки, перекрывающие расстояние между опорами. Основная отличительная особенность балочной системы состоит в том, что с пролётных строений на опоры передаются только вертикальные нагрузки, а горизонтальные отсутствуют. Балочные мосты разделяют на следующие типы:
  - **Разрезная система** — состоит из ряда балок, причём одна балка перекрывает один пролёт. Система статически определима и может применяться при любых типах грунтов.
  - **Консольная система** — состоит из двух типов балок. Одни балки опираются на две опоры и имеют консольные свесы. Другие балки называются подвесными, поскольку опираются на соседние балки. Соединение балок осуществляется при помощи шарниров. Достоинством консольной системы является её статическая определимость, а следовательно, лёгкость расчёта и нечувствительность к грунтам. К недостаткам системы можно отнести большое количество и сложность устройства деформационных швов шарнирного типа, а также нарушение комфортности проезда в зоне шарниров. В настоящее время мосты такой системы сооружаются редко.



Самый длинный консольный мост (г. Квебек, Канада)

- **Нерезная система** — одна балка пролётного строения перекрывает несколько пролётов или сразу все. Таким образом, пролётное строение нерезной системы рассчитывается как многоопорная статически неопределимая балка с использованием метода сил, метода перемещений или других методов расчёта статически неопределимых систем, применяемых в строительной механике. Нерезная система хороша меньшим, чем в разрезной, количеством деформационных швов и меньшей строительной высотой. Недостаток такой системы — чувствительность к деформации основания.
- **Температурно-нерезная система** — состоит из двух опорных балок, объединённых в цепь с помощью верхней соединительной плиты. Под действием вертикальных нагрузок такая система работает как разрезная, а под действием горизонтальных — как нерезная. Её достоинством является меньшее количество деформационных швов, а недостатком — обязательное наличие двух опорных частей на каждой промежуточной опоре.

Во всех вышеперечисленных схемах мостов пролётные строения могут изготавливаться как в виде сплошных балок различного сечения, так и в виде решётчатых конструкций, то есть ферм.

- **Распорные системы** — отличаются от балочных тем, что нагрузки, передаваемые с пролётных строений на опоры, имеют не только вертикальную, но и горизонтальную составляющую, называемую в строительной механике распором.



- **Арочный мост** — классический тип каменного моста, известный с глубокой древности: основными несущими конструкциями являются арки или своды. Арка — криволинейный брус, у которого поперечный размер меньше высоты. Свод — криволинейный брус, у которого ширина сечения значительно больше высоты.



Микенский арочный мост Аркадиико (XIII век до н. э.) — возможно, старейший в мире.

- **Висячие** — мост, в котором основная несущая конструкция выполнена из гибких элементов (канатов, цепей и др.), работающих на растяжение, а проезжая часть подвешена. Этот вид представляют все крупнейшие по длине и высоте пролёта мосты мира.
- **Вантовые** — разновидность висячих мостов: функцию основной несущей конструкции выполняет вантовая ферма, выполненная из прямолинейных стальных канатов. Ванты прикреплены к пилонам — высоким стойкам, монтируемым непосредственно на опорах. Пилоны в основном располагаются вертикально, но не исключено и наклонное их расположение. К вантам крепится балка жёсткости, на которой располагается мостовое полотно. Ванты располагаются под углом наклона к горизонтали не менее 30 градусов, так как в противном случае в них возникают большие усилия, и жёсткость сильно уменьшается. Балку жёсткости лучше выполнять коробчатого сечения, поскольку это улучшает её работу на кручение от временных

нагрузок и от действия ветра. Наиболее часто вантовая система применяется при перекрытии глубоких и/или широких рек и в городских условиях.

- **Рамная система** — состоит из рам, стойки которых выполняют функцию опор, а ригели — функцию пролётных строений. По форме рамы могут быть Т-образными, П-образными, а также иметь две наклонные стойки и консольные свесы (специального названия не имеют). Достоинствами рамной системы являются небольшая строительная высота и увеличенное по сравнению с балочными системами подмостовое пространство. Всё это делает рамные конструкции удобными для путепроводов и эстакад. Также данная система может быть применена в горных условиях из-за того, что там в силу особенностей рельефа нельзя понизить уровень проезда. Недостатками рамной системы являются сложность строительства и чувствительность к деформации основания. Такие системы в настоящее время малоприменимы из-за дороговизны и специфичности.
- **Комбинированная схема** — наиболее часто встречается балка с арочной подпругой; как правило, это городские мосты через большие реки
- Особый тип мостов — **разводные мосты**. В разведённом состоянии мост не мешает проходу судов. Своими разводными мостами знаменит Санкт-Петербург, где все мосты через Неву, кроме Большого Обуховского моста, являются разводными.



Дворцовый мост в Санкт-Петербурге в разведённом состоянии

Информация с сайта: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мост>

### 3. Мосты Владивостока.



Идея связать районы Владивостока, разделенные бухтой Золотой Рог и проливом Босфор Восточный, витала в воздухе со второй половины 19 в. Первая мировая война отложила эти планы на неопределенное будущее, потом им помешала Вторая мировая война, и всерьез за этот проект взялся только генсек Никита Сергеевич Хрущев. Он мечтал превратить Владивосток в русский Сан-Франциско и построить мост еще внушительнее и красивее Золотых Ворот. Он даже внес этот проект в генплан, однако решение о строительстве вантовых мостов было принято лишь в 2000-х, а построены оба моста были только в 2012 г. — к саммиту АТЭС.

Золотой и Русский мосты впечатляют размерами. Они оба входят в пятерку самых больших вантовых мостов в мире. Длина первого — почти 1400 м, второго — 3100 м. Возведение грандиозных переправ было начато в 2008 г. Эти объ-

екты — одна из главных современных достопримечательностей столицы Приморья. Золотой мост (через бухту Золотой Рог) — расположен в самом центре Владивостока, он соединяет город с отдалёнными районами и федеральной трассой. На нем 6 полос для автомобилей и есть тротуары для пешеходов.

Русский мост соединяет полуостров Назимова и Новосильский мыс на Русском острове. Строительство этого моста избавило горожан (особенно студентов ДВФУ, у которых на острове располагаются учебные корпуса и общежития) от необходимости постоянно переправляться на пароме или катере. Самые красивые виды на этот мост можно увидеть с сопки Орлиное Гнездо.

**Русский мост включен в Книгу рекордов Гиннесса: его пролет составляет 1104 м, высота пилонов 324 м. Он изображен на новой российской купюре номиналом 2000 RUB.**

Информация с сайта: [https://tonkosti.ru/Вантовые\\_мосты\\_во\\_Владивостоке](https://tonkosti.ru/Вантовые_мосты_во_Владивостоке)

#### **4. Аварии и катастрофы.**

Причиной самопроизвольного обрушения моста может стать его неправильная конструкция; архитектору при создании проекта моста следует всегда учитывать возможные природные катаклизмы, такие, как сильный ветер или землетрясение.

Самая ранняя известная крупная катастрофа произошла в 1297 году, когда во время битвы у моста Стирлинг (Великобритания) этот мост оказался перегружен атакующей тяжёлой конницей и обрушился. Позднее от перегрузок обрушились ещё несколько мостов, в частности, мост Ярмуте, (Великобритания, 1845), а также Серебряный мост (США, 1967), «Мост Моранди» в Генуе (2018).

В XIX — начале XX века несколько аварий мостов произошло из-за резонанса, в который входил мост, когда по нему проходили войска: когда частота

внешнего воздействия (шаг солдат в ногу) совпадает с собственной частотой колебаний моста — происходит резкое увеличение амплитуды колебаний моста, и конструкция моста не выдерживает этого.

Причиной обрушения может стать естественный катаклизм: в таком случае вина ложится на архитектора, создававшего проект, так как мостостроитель должен принимать во внимание возможность природных бедствий. Железнодорожный мост через Ферт-оф-Тей в Данди, Великобритания, обрушился в 1879 из-за сильного шторма, жертвами этой катастрофы стали 75 человек. В 1953 году лахар уничтожил мост через реку Вангаэху в Новой Зеландии, погиб 151 человек. В 1989 году во время крупного землетрясения в Калифорнии обрушился виадук в Окленде (42 жертвы) и пострадал мост через залив Сан-Франциско: часть несущих конструкций обрушилась на проезжую часть, погиб один человек.

Нередки случаи террористических атак на мосты: их подрыв также является известным средством ведения партизанской войны. Крупнейшая катастрофа такого рода произошла в Индии в 2002, когда был подорван железнодорожный мост через реку Дхава, было убито 130 человек.

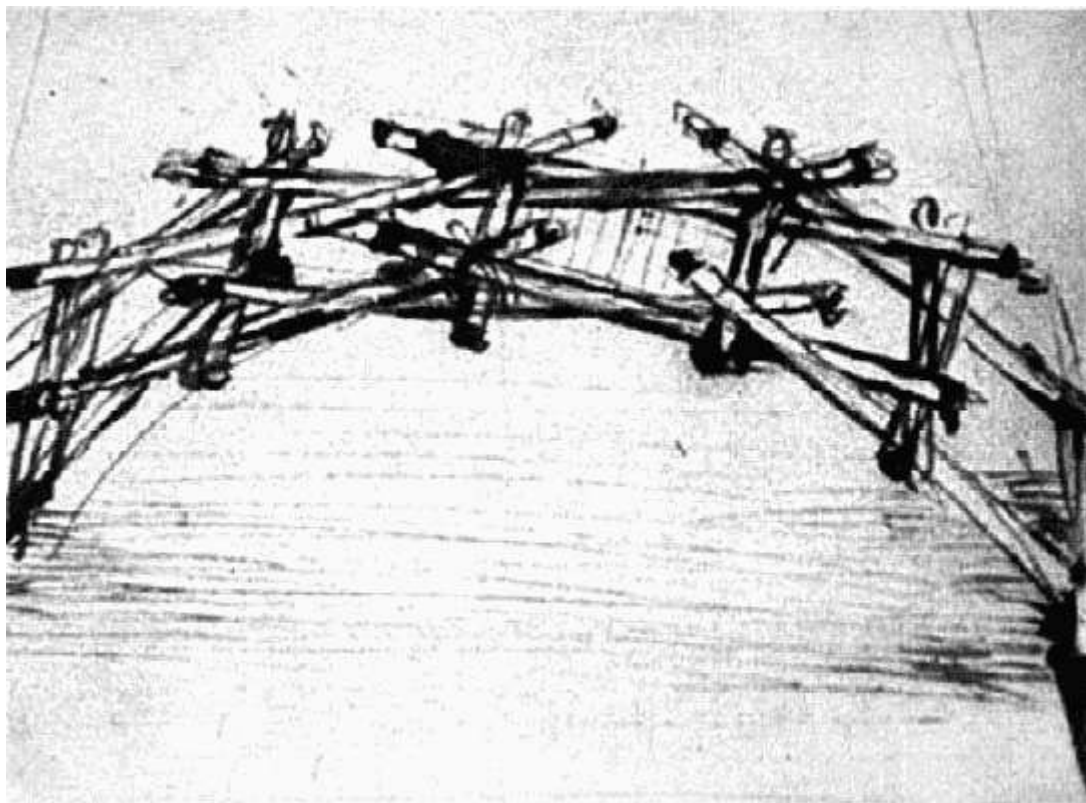
## **5. Леонардо да Винчи и его мосты.**

### **Разборные мосты Леонардо.**

Это и есть те самые «легкие и прочные мосты», которые обещал Леонардо правителю Милана Лодовико Сфорца в своем «рекламном» письме. Такие сооружения без особого труда можно построить из доступных материалов – стволов растущих поблизости деревьев, их удобно перемещать с помощью канатов. Мосты предназначались для военных целей, чтобы облегчить форсирование рек. С помощью таких незамысловатых конструкций войска мог ли передвигаться быстро и незаметно. А всем известно, как важен в военной кампании фактор неожиданности. Этот мост кажется довольно неуклюжим на первый взгляд. Но проведенные опыты показали, что конструкция устойчива и вполне пригодна для переброски армии того времени.



В своих дневниках Леонардо записал, как именно стволы должны быть размещены и как они должны быть связаны друг с другом. Он также упоминает материалы, которые должны использоваться, и технические уловки.

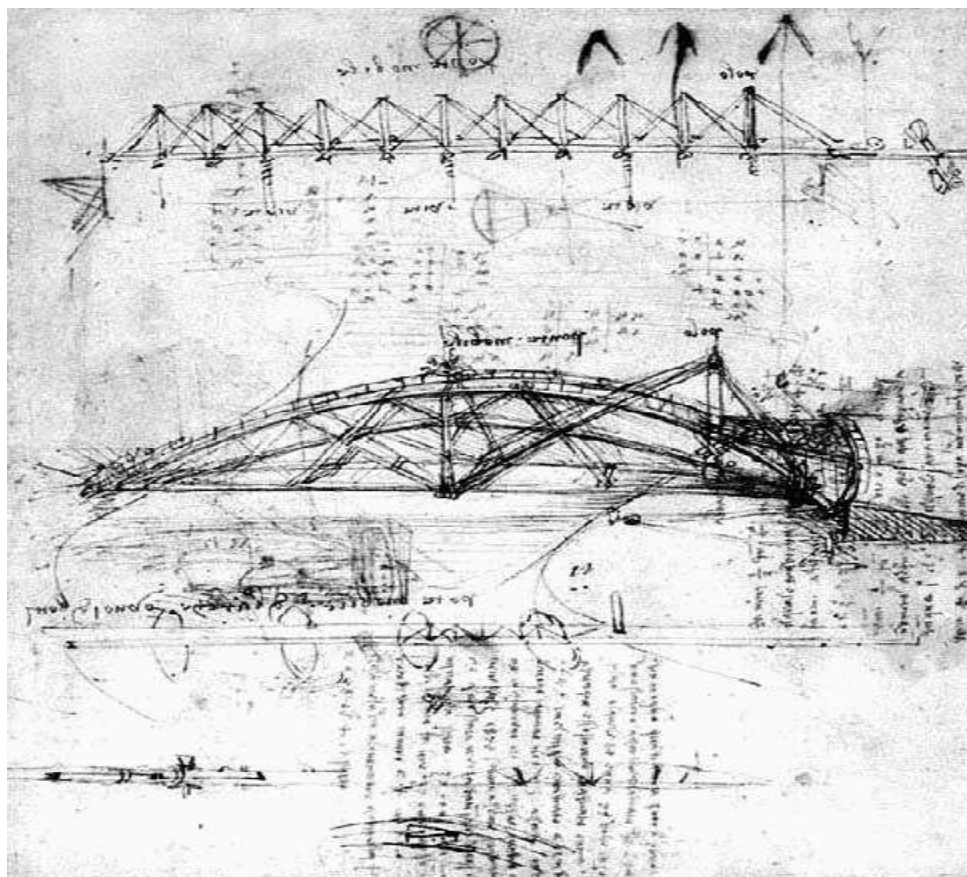


Разборный мост Леонардо да Винчи

Еще одна идея временного военного моста – это вращающийся однопролетный мост в форме параболы. По замыслу Леонардо, подвижная часть моста крепилась канатами к вертикальному пилону. В основании моста находилась опора, вокруг которой мост вращался. С двух сторон от моста помещались лебедки в виде барабана, насаженного на деревянный вал. В морском деле они называются кабестанами. Наверняка вы видели кабестаны в фильмах, когда моряки, горланя залихватскую песню, выбирают якорь.

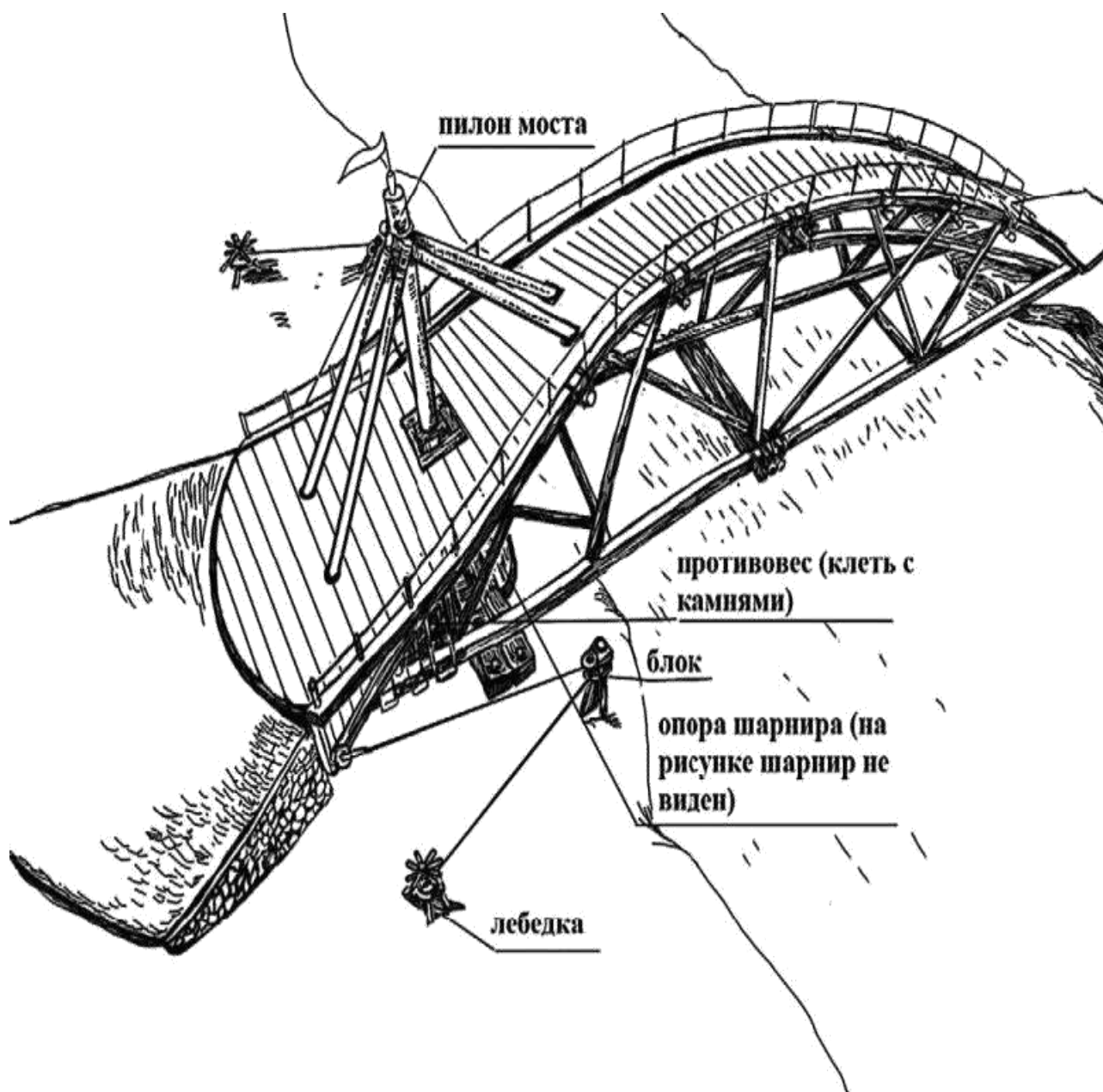
При вращении лебедки на нее наматывается канат, соединенный через блок с мостом. Одна лебедка поворачивала мост так, что переправа прекращалась, вторая – приводила его в рабочее состояние, и мост соединял берега. В обычном положении мост стоит на берегу. Чтобы обеспечить переправу, его вращают с помощью канатов и лебедки вокруг опоры. Внизу, под мостом, на коротком «плече» моста располагалась клеть, набитая камнями. Она служила противовесом при балан-

сировке и опускании моста на противоположный берег. Такой мост прост в управлении и легко перемещается с одного места на другое. На рисунке есть пометка Леонардо: «Очень легкий и все же крепкий мост, прост для перемещения, удобен для вылазок и преследования врага, по сравнению с другими мостами является безопасным и не может быть сожжен от огня сражений и легко разбирается и устанавливается».



Леонардо да Винчи. Поворотный мост. Рисунок Леонардо, сделанный пером и чернилами, с пояснительными записями.

В 1502 году да Винчи сделал чертеж самого амбициозного своего проекта в области мостостроения. Он придумал огромный однопролетный мост. Пролет над водой составлял 233 метра, а вся длина – порядка 350 метров. Ширина моста – 23,75 метра (Леонардо указывает размеры во флорентийских локтях, а не метрах, разумеется, – метрической системы во времена да Винчи еще не существовало). Построить это грандиозное сооружение Леонардо предлагал турецкому султану Баязиду II. Огромный мост должен был обеспечить переправу через пролив Босфор в месте, которое называется Золотой Рог.



Этот мост должен был соединить Галату – предместье Константинополя, где жило много генуэзцев, со Стамбулом. Флорентийцы поддерживали в те годы с турками дружеские отношения. В письме к султану Леонардо писал: «Я слышал, что ты имеешь намерение соорудить мост из Галаты в Стамбул, но что ты не соорудил его из-за отсутствия знающего мастера». Под мостом Леонардо могли свободно проплывать парусные суда. Сами понимаете, мост в то время так и не был построен, первый (понтонный) мост через пролив появился лишь в 1836 году.

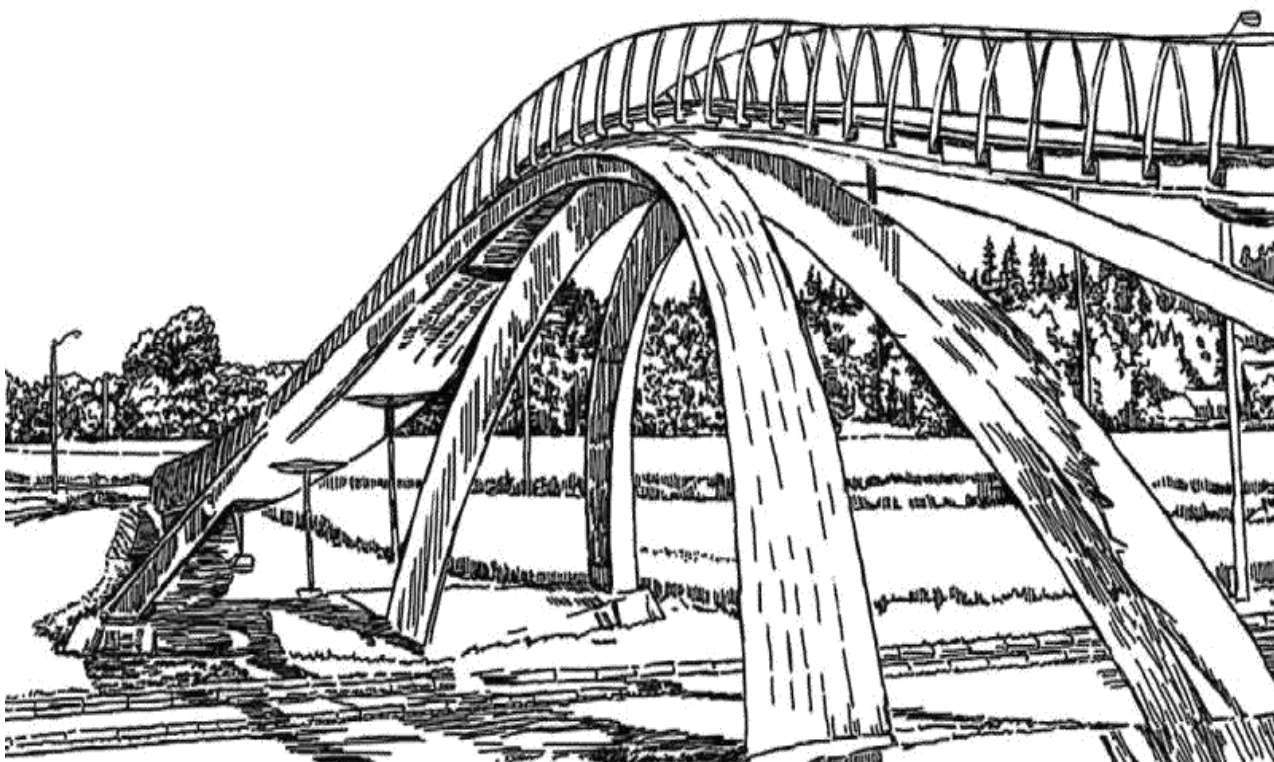
Что касается проекта Леонардо, то на тот момент это были размеры просто фантастические. Самый большой существовавший при жизни Мастера мост – это мост через реку Адду, построенный в 1370–1377 годах, с пролетом 72 метра и высотой



в 21 метр. Так что наверняка грандиозность замыслов Леонардо отпугнула заказчика.

Но мост Леонардо все же появился...

В 2001 году в Норвегии, в городке Арс построили по наброскам Леонардо пешеходный мост, правда, куда меньших размеров. Это первый случай за 500 лет, когда архитектурный проект, намного опередивший свое время, получил наконец реальное воплощение. «Архитектурные формы 70-х годов выглядят более старомодными, чем чертеж Леонардо», – считает архитектор Вебьурн Санд.



Мост в Норвегии, построенный по чертежам Леонардо спустя 500 лет после создания проекта Мастером

Норвежскому коллеге да Винчи удалось убедить дорожное ведомство Норвегии принять решение о реализации проекта, которому уже несколько столетий. Новый мост уступает своему прототипу в длине – 100 метров вместо 350-ти, – однако он в точности повторяет все конструкторские и эстетические достоинства моста Леонардо. Мост этот находится в 35 километрах к югу от Осло и служит пешеходным переходом над автострадой E-18. Высота его 8 метров. При реализации

проекта пришлось отказаться лишь от одной задумки Леонардо – мост построили из дерева, тогда как Мастер планировал сделать его из камня. Но каменный мост был слишком дорог даже для норвежцев, поэтому решено было взять в качестве материалов сосну и тик. Так что мост обошелся всего в 1,36 миллиона долларов.

История этого моста – пример того, что прекрасная идея все равно дожидается своего воплощения. Если найдется энтузиаст, чтобы ее воплотить.

Информация с сайта: <https://biography.wikireading.ru/31712>

### **Практическая часть.**

Для изготовления макета моста я буду использовать гвозди 8x300 мм.





Сначала я разметил и обрезал заготовки по 150 мм.



После чего на середине заготовок со шляпкой фрезеруется паз для фиксации деталей уже в собранном макете.





Следующим этапом будет обработка деталей при помощи наждачной бумаги зернистостью 80, 120 и 320. «Шляпки» было принято решение оставить.





Для сборки макета всё готово. Осталось сделать подставку и собрать мост. Для изготовления подставки я использовал обрезок сосновой доски длиной 385 мм, шириной 146 мм и толщиной 40 мм. Она также обрабатывается наждачной бумагой со всех сторон.





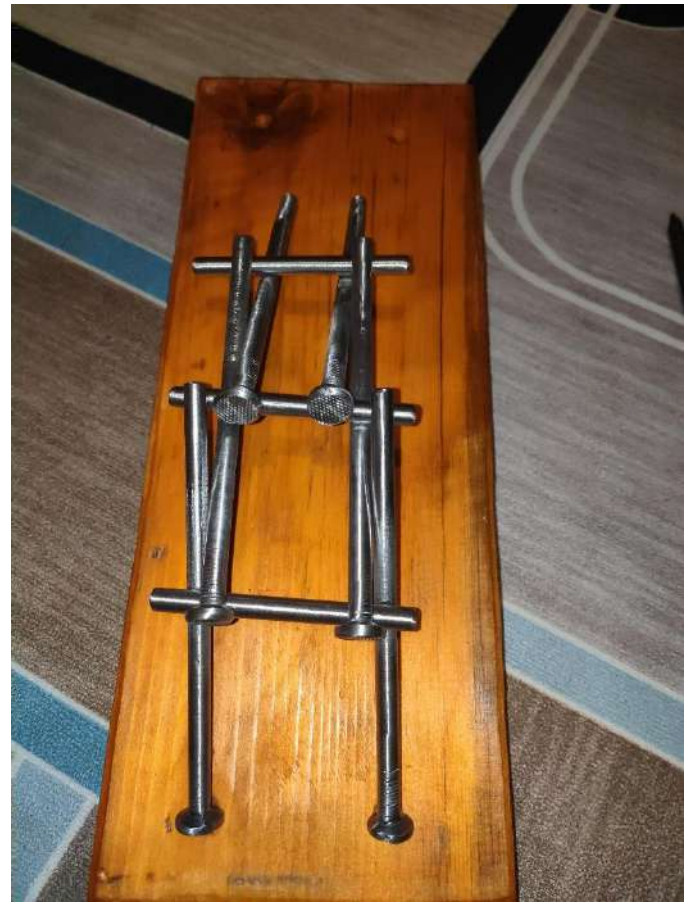
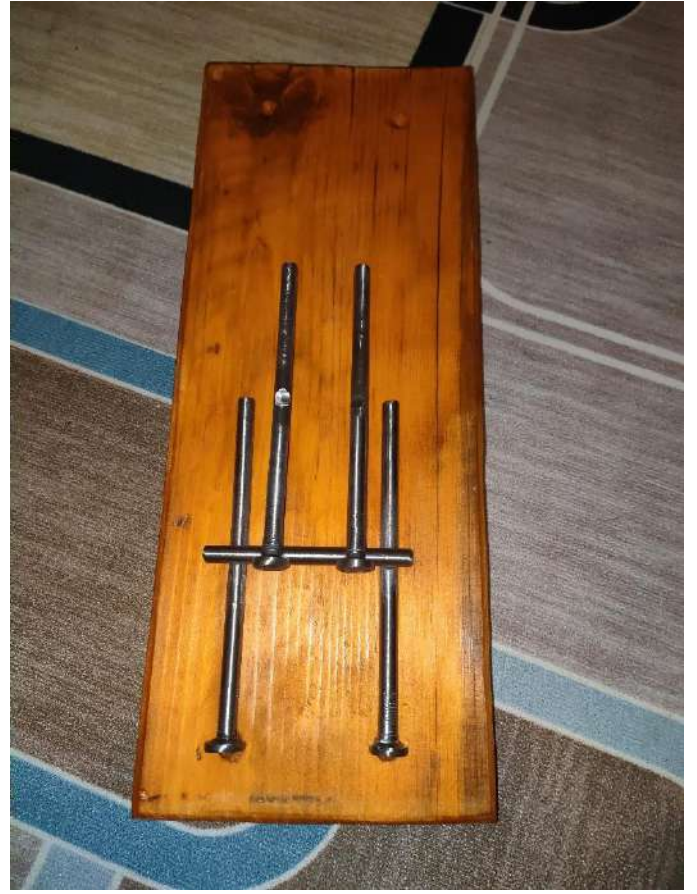
После чего фрезой по дереву делаются выборки под основания макета и подставка покрывается морилкой цвета «Клён».





Теперь можно приступать к сборке.









Макет готов.

## Заключение.

**Для проекта мне понадобилось:**

1. Гвоздь 8x300 мм – 8 штук. (744 руб.)
2. Сосновая доска (длина 385 мм, ширина 146 мм, толщина 40 мм) – 1 штука.
3. Абразивный круг для УШМ – 3 штуки. (100 руб.)
4. Отрезной диск для УШМ «Луга» 125x2,5x22,23 – 1 штука. (42 руб.)
5. Морилка для дерева, цвет орех – 20 мл. (12 руб.)

**Итого: 981 руб.**

Изобретение Леонардо было, пожалуй, первым в истории вариантом разборного моста. Его нетрудно было поставить и столь же легко разобрать, когда в нём исчезнет необходимость. На эту конструкцию можно было установить настил из досок. Разборный мост был призван не просто поразить воображение обывателей. Прежде всего он использовался в военных целях.

В наше время его вряд ли будут применять в этой области, но такая конструкция гениально проста. При больших масштабах её можно использовать не только как мост, но и, например, как каркас для какого-либо навеса, крыши, забора. Если взять больше секций, можно сделать круглый каркас, которому также можно найти не одно применение. Мобильность данной конструкции – огромное преимущество. Я считаю, что такой мост будет очень удачен для использования в зоопарках и заповедниках.

## **Список литературы:**

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мост>  
[https://tonkosti.ru/Вантовые\\_мосты\\_во\\_Владивостоке](https://tonkosti.ru/Вантовые_мосты_во_Владивостоке)