

# РЕСУРСЫ

## Деятельностно–ценностные задачи

### Искусство строить мосты

**Е.Е. Болдырева,  
Е.В. Шутова**

**Автор:** Болдырева Е.Е., учитель черчения, МХК, ИЗО средней школы № 45 г. Владивостока; Шутова Е.В., учитель информатики и ИКТ средней школы № 45 г. Владивостока.

**Предмет:** Черчение, информатика и ИКТ.

**Класс:** 9.

**Тема:** «Строительное черчение» (предмет: черчение); «Графический редактор» (предмет: информатика и ИКТ).

**Профиль:** Общеобразовательный.

**Уровень:** Общий.

**Текст задачи.** Умение сооружать мосты ещё с древнеримских времён считалось вершиной строительного искусства. Древнеримский историк Плиний Старший писал, что ничего более удивительного, чем римский акведук Клавдия, не было на всём земном шаре.

Три качества архитектуры, выдвинутые древнеримским теоретиком Марком Витрувием — «польза, прочность, красота», нашли своё продолжение в функциональных, конструктивных, эстетических качествах современного строительства.

Проследите эволюцию строительства мостов, выявив при этом характерные конструктивные особенности в их проектировании и роль научно-технического прогресса в этом процессе. Можно ли считать, что возведение мостов — это не только строительство, но и искусство?

Свой ответ наглядно проиллюстрируйте, используя известные вам графические редакторы или чертёж, выполненный во фронтальной проекции.

Сделайте предположение, как будет выглядеть мост будущего, соединяющий два далеко расположенных друг от друга объекта.

а) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

б) Найдите и соберите необходимую информацию.

в) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

г) Сделайте выводы.

д) Сравните ваши выводы с культурным образцом.

### Возможные информационные источники

#### Книги:

Всеобщая история архитектуры. Архитектура XIX — начала XX вв. Т. 10 / Под ред. С.О. Хан-Магомедова. М, 1972.

Античное искусство / Н.А. Дмитриева, Л.И. Акимова. М.: Детская литература, 1988.

Всемирная история / П.П. Гнедич. М.: Современник, 1996.

Достопримечательности Ленинграда. Л.: Лениздат, 1967. Гл. мосты и набережные. С. 377–392.

Мячин И.К. По Москве-реке. Рублево. Беседы. М.: Московский рабочий, 1977.

#### Web-сайты:

<http://www.mostow.ru>

<http://www.bridgeart.ru>

### Культурный образец

Устинов В.П. Мосты, как свидетельство цивилизации. URL: <http://sved.siberia.net/magazine/>

### Старые каменные мосты

Во все времена история мостостроения тесно связана с историей развития общества и отражает в каждую эпоху уровень техники, эконо-

мические отношения и эстетические взгляды людей...

Постройка акведуков началась с IV в до н.э. Одним из шедевров древнеримской архитектуры является Гарский акведук (Пон-дю-Гар) через глубокую долину реки Гар вблизи города Нима (римского Немауса) в южной Франции. Акведук был частью водопровода, по которому город снабжался чистой родниковой водой.

По высоте акведук был разделён на три яруса с помощью резко выраженных горизонтальных карнизов. Убывающая сверху высота горизонтальных членений зрительно приводит к увеличению и без того рекордной высоты сооружения.

Акведук выполнен из крупных каменных блоков, высеченных из жёлто-розоватого известняка и уложенных насухо... В 19 г. до н.э. (т.е. более 2020 лет тому назад!) акведук был введён в эксплуатацию, а позднее к нему в уровне нижнего яруса был пристроен шоссеный мост. Обращает на себя внимание высокое качество всех строительных работ, долговечность и исключительно высокая архитектурная выразительность сооружения.

Архитектура римских мостов в первую очередь отвечала государственным и общественным потребностям. Наряду с этим мостам были свойственны величавость, торжественность, парадность. В 134 г. н.э. в Риме был построен мост Ангелов через р. Тибр с пятью полуциркульными сводами...

Широкие и низкие опоры моста придают сооружению монументальность. Благодаря обтекаемым формам опор, сужающимся кверху пилястрам, а также поставленным позднее

статуям ангелов, мост получил резкое вертикальное членение, что зрительно увеличивает длину моста. Опять хотелось бы отметить, что мост Ангелов функционирует уже около 1870 лет!

В 1251 г. был построен красивейший мост средневековой Европы через р. Ло в Каоре (Франция) с шестью средними пролётами по 16,5 м и двумя по 5 м у берегов. Мост выполнен в готическом стиле и имеет ярко выраженный крепостной характер. На мосту возведены оборонительные башни над средней опорой и над устоями моста.

### **Арочные металлические мосты**

С началом индустриальной революции в Англии интенсивно развивалось строительство шоссейных дорог и каналов. В 1779 г. был построен первый в мире чугунный мост через р. Северн в Колбрукдейле.

Чугун, как и бетон, хорошо «работает» на сжатие и плохо — на растяжение. В данном случае препятствием для моста являлось узкое и глубокое ущелье, поэтому вполне обоснованным было принятие арочной системы. Высокий однопролётный мост имеет пять трехпоясных арок с пролётом 30,5 м и стрелой 12,8 м.

Более прочный чугун позволил получить более изящные архитектурные формы сооружения. Верхние подкосы в опорах и круглые вставки рядом с ними зрительно уравнивают работу крайних тонких стоек, такая же роль и у стоек над замком арок. Арочный мост был собран из готовых деталей всего за три месяца. После этого моста чугун стали приме-

нять во всех странах мира, началась эра металлических мостов.

Ещё большие возможности появились у мостостроителей после появления сварочного (пудлингового) железа, а позднее более качественного литого железа. Известный французский предприниматель Г. Эйфель построил в 1877 г. арочный мост через р. Дору у Оporto (Португалия) с пролётом 160 м и стрелой подъёма 42,5 м, а позднее — в 1885 г. — аналогичный арочный виадук Гараби (на юге Франции) под железную дорогу, имеющий двухшарнирные серповидные арки с пролётом 165 м, стрелой подъёма 51,6 м и высотой над дном долины 122 м. В то время эти мосты имели наибольшие пролёты в мире...

В 1900 г. по проекту инженера Л. Резаля был построен мост Александра III через р. Сену в Париже. Мост был предназначен для прохода на Всемирную выставку в Париже 1900 г., поэтому при общей ширине моста 40 м для экипажей отведена полоса 20 м посередине моста, а для пешеходов — два тротуара по 10 м снаружи от ездового полотна. На обоих берегах реки мост выходит на открытые площади, поэтому въезды на мост оформлены четырьмя одинаковыми пилонами, на которых выполнены скульптурные изображения пегасов. Мост является центральным связующим архитектурным сооружением городского ансамбля между правым и левым берегами Сены.

Мост Александра III отличается монументальностью, исключительно праздничным оформлением, богатством малых архитектурных форм. Наружные арки покрыты художественно оформленными защитными пластинами с орнаментами. Между пода-

рочными стойками подвешены гирлянды. Балюстрада прерывается стойками с канделябрами. В замках наружных арок устроены картуши с изображением гербов Франции и России.

Мост, бесспорно, является выдающимся сооружением как в инженерном, так и в архитектурном отношении. Однако есть и иные мнения. Известный архитектор д.т.н. П.В. Щусев писал в 1953 г., что «в скульптуре, выполненной с холодным академическим умением, как и в остальном оформлении моста, нет ясной простоты и убедительной лаконичности». Многие считают, что мост неоправданно перегружен элементами дизайна. Возможно, это и правильно (по-видимому, французские архитекторы не смогли выдержать «чувство меры», выполняя работу на деньги русского царя).

### **Железобетонные мосты**

В Европе и Америке бетон стали применять лишь с середины XIX в., причём в конструктивных формах каменных мостов. Швейцарский инженер Р. Майяр первым провозгласил принцип открытых бетонных конструкций, без их маскировки под каменную кладку (1901 г.). Впоследствии им было построено много мостов из обычного железобетона, которые отличались оригинальными архитектурными формами.

В случае необходимости перекрыть большие пролёты, особенно при наличии хороших грунтов, а также в городах часто применяют арочные железобетонные мосты с обычными, ставшими классическими, формами, например, мост Сандо

в Швеции с пролётом 280 м, мост через пролив Кок на Адриатическом побережье в Хорватии с максимальным пролётом в мире для таких мостов 390 м и др.

### **Современные мосты**

При строительстве Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) в 1960 г. сооружён мост через р. Москву у с. Беседы с русловым металлическим пролётным строением при езде посередине и с двумя береговыми пролётами, перекрытыми железобетонными арками при езде поверху. Практически арочные мосты всегда архитектурно выразительны. Этот мост — не исключение.

При взгляде на мост с верхней позиции русловые двухшарнирные серповидные арки с тонкими элементами связей выглядят весьма ажурными и тектоничными. Однако вид моста с берега реки под острым углом к его оси оказывается менее привлекательным — береговые массивные арки с более грубыми формами вызывают большее внимание на себя, лишая русловое пролётное строение чётких очертаний.

В октябре 1955 г. был сдан в эксплуатацию первый городской (Октябрьский) мост через р. Обь в Новосибирске, который включал семь главных русловых пролётных строений комбинированной системы с пролётами по 120 м и четыре — балочной системы в правобережной эстакаде. Каждый русловой пролёт перекрывается двумя гибкими металлическими арками и восемью расположенными над ними жёсткими сталежелезобетонными балками. Авторами проекта моста были инженер Г.Д. Попов и ар-

хитектор К.И. Яковлев. Перед ними стояла задача сделать мост монументальным за достойный вклад сибиряков в победу над фашизмом. Это им удалось.

Построенный мост удачно разбит на секции по 2 + 3 + 2 пролёта, между которыми поставлены более мощные массивные опоры. Даже на подсознательном уровне зритель воспринимает такой мост с чётко выраженными участками в пропорции 0,667 + 1,000 + 0,667, которая очень близка к любимому архитекторами «золотому сечению» с пропорцией 0,621 + 1,000 + 0,621.

В последние десятилетия во всех странах мира стали широко применять вантовые и висячие мосты, которые позволяют перекрывать весьма большие пролёты.

Самые большие пролёты целесообразно перекрывать с помощью мостов висячих систем. В 1998 г. открыт для движения висячий мост Акаси — Кейкио между островами Хонсю и Сикоку в Японии. Пролив Акаси имеет ширину около 4 км и глубину до 110 м. Мост имеет главный пролёт 1991 м, в настоящее время наибольший в мире, и боковые пролёты по 960 м, стальные пилоны высотой 297 м и глубину заложения фундаментов ниже уровня моря 60 м. Мост предназначен для восьми полос движения и имеет два стальных кабеля диаметром 1,1 м.

После строительства моста Акаси — Кейкио японцы приступили к проектированию висячего моста с углепластиковыми кабелями через пролив Гибралтар, имеющий глубину до 250–350 м, в двух вариантах: с тремя пролётами по 3000 м и двумя — по 5000 м.

*Руденко Б. Мост вдоль Москвы-реки // Наука и жизнь. 2007. № 9. С. 14.*

Сложность и необычность технической задачи заключались в том, что строить его предстояло в самом неудобном месте, там, где река, совершив поворот, почти километр течёт фактически вдоль проектируемой магистральной, точнее, под ней. ...Потому и мост надо было возводить тоже вдоль, а не поперёк водного потока.

Пилоны — основа большинства мостов. Это массивные опоры, поддерживающие мостовые пролёты. Другой вариант поддержки — арка. Опираясь концами в противоположные берега, она несёт на себе тысячетонную тяжесть пролётных конструкций. В данном случае ни то, ни другое не подходило. По руслу пилоны устанавливать нельзя, поскольку река должна оставаться судоходной; возводить поддерживающую арку километровой протяжённости неимоверно сложно технически и дорого. Висячая или вантовая конструкция откровенно не вписывались бы в окружающий пейзаж и основательно его портили.

Найденное решение было абсолютно оригинальным. Нигде в мире подобного ещё не строили. Его автор... соединил в своём проекте оба принципа поддержки. В результате появился арочный пилон.

Стальная ажурная арка, перекинутая с берега на берег над центром моста, опирается концами в мощные бетонные основания. Многочисленные ванты — обоймы толстых стальных канатов воспринимают нагрузку главного пролёта длиной 400 метров.

Бардина И. «Арфа» над проливом // Наука и жизнь. 2012. № 1. С. 33, 35–38.

...В связи с проведением в 2012 г. саммита АТЭС во Владивостоке был объявлен открытый конкурс на разработку проекта мостового перехода на остров Русский.

Инженеры-проектировщики разработали два варианта моста: кабельный и балочно-вантовый. Оба варианта относятся к типу так называемых висячих мостов (кабельные мосты называют висячими, а балочно-вантовые — вантовыми).

Висячие и вантовые мосты отличаются способом поддержки пролётного строения (балки жёсткости), на котором располагается проезжая часть. В висячих мостах балка жёсткости поддерживается с помощью кабеля, который проходит через вершины пилонов и закрепляется концами в береговых опорах моста и подвесок.

В вантовых мостах балка жёсткости поддерживается наклонными прямолинейными оттяжками, закреплёнными на пилонах. Эти оттяжки называются вантами. Они могут быть закреплены на пилонах двумя способами. Если ванты спускаются от вершины пилон к балке жёсткости веером, то система называется радиальной. Если они расположены на пилоне в нескольких точках по высоте и параллельны друг другу, то такую систему вант называют «арфа».

Обычно пилоны вантовых мостов имеют традиционную А-образную форму, но полет фантазии инженеров-проектировщиков не знает границ.

Например, пилон известного Живописного моста в районе Серебря-

ного Бора в Москве представляет собой одиночную арку, изготовленную из металлических решетчатых ферм.

...После тщательного анализа был принят вариант вантового моста, поскольку такая конструкция обладает большей жёсткостью и меньшей чувствительностью к воздействию сильного ветра.

...В процессе проектирования моста через Босфор Восточный приходилось учитывать ряд важных природных факторов, характеризующих географические особенности района строительства: сложную геологию, сильные ветры (до 58 м/с на высоте 70 метров), высокую сейсмическую активность, низкие температуры зимой, а также большую толщину льда в проливе (до 80 см).

По параметрам мост на остров Русский превзойдёт все известные вантовые мостовые переходы: длина центрального пролёта составит 1104 метра, верхушки железобетонных пилонов поднимутся на 320 метров, а в фундаментах под пилоны заложат около 20 тыс. кубометров бетона, пустотелые железобетонные опоры подъездных эстакад достигнут высоты 65 метров. Самая большая ванта от верхушки пилон до места крепления к балке жёсткости протянется на 579,83 метра, что тоже станет рекордом в мировом мостостроении.

...Построенный вантовый мост через пролив Босфор Восточный будет поистине уникальным сооружением не только в России, но и в мире. Правда, надолго ли? Стремительное развитие современных технологий, передовые исследования в различных отраслях науки и совершенствование методов расчёта строительных

конструкций делают возможным осуществление всё более грандиозных проектов.

<http://www.bridgeart.ru/cad.html>

### **Модуль «МОСТ» программного комплекса STRAP**

Уникальные возможности программы включают:

#### *Полосы движения*

— Полосы движения могут быть криволинейной формы.

— Возможно определить множество полос движения различной ширины.

— Пользователь может задать множество загрузений на различные полосы движения (с перестановками).

#### *Нагрузки*

— Пользователь может определить группу транспортных средств различных типов (например, различной длины), и программа проверит, какое транспортное средство вызывает наихудшее воздействие в любом месте модели.

— Пользователь может определить любую распределённую нагрузку, нагрузку от транспортного средства или ножевую нагрузку.

— Программа проверяет и определяет, какие сегменты каждой полосы движения должны быть загружены распределённой нагрузкой, чтобы получить максимальное и минимальное воздействие для каждого типа результата в любом месте моста.

— Программа автоматически уменьшает распределённую нагрузку в зависимости от длины загруженного сегмента в соответствии с требованиями норм.

#### *Результаты*

— Линии влияния, максимальные и минимальные значения результатов могут быть запрошены отдельно для каждого типа результатов, включая моменты, реакции, прогибы и т.д.

— Линия влияния также показывает влияние смежных полос на проверяемый элемент. Пользователь может мгновенно получить линии влияния для любого места моста.

— Для любого места моста могут быть отображены положения нагрузок для случая наиболее неблагоприятных воздействий.

Программный комплекс CREDO МОСТ предназначен для проектирование мостового полотна и пролётно-го строения, крайних и промежуточных опор, сопряжения моста с насыпью подходов, регуляционных сооружений, подходов.

#### *Область применения*

— Проектирование малых, средних, больших мостов и путепроводов с железобетонными и сталежелезобетонными пролётными строениями, с различными типами опор.

Программа MAV.Structure предназначена для численного исследования напряжённо-деформированного состояния, динамики и устойчивости конструкций. Её отличительной особенностью является приспособленность для расчёта мостовых сооружений, возможность построения и последующей обработки линий и поверхностей влияния, а также наличие встроенного языка программирования, предназначенного для автоматизации сложных расчётов и вспомогательных вычислений, выполняемых при подготовке исходных данных, например, определение и учёт многочисленных коэффициентов, диктуемых нормативными документами.

Программа ОПОРА\_Х предназначена для сбора нагрузок и расчёта фундаментов устоев и промежуточных опор автодорожных, железнодорожных и пешеходных мостов (любых габаритов проезжей части, с разрезными и неразрезными пролётными строениями, мостов на кривых, и косых путепроводов) на следующие нагрузки и их сочетания:

- постоянные нагрузки от веса конструкций и от воздействия грунта;
- временные вертикальные нагрузки (с сопутствующими горизонтальными):

...

- ветровая нагрузка с учётом динамической составляющей;

- давление грунта от временной нагрузки на призме обрушения (для устоев);

- ледовые нагрузки (для русловых опор);

- нагрузки от навала судов (для мостов на судоходных реках);

- сейсмические нагрузки при сейсмичности от 7 до 9 баллов.

### Методический комментарий

Цель задачи: познакомить учащихся с особенностями инженерного строительного черчения, показать его значение в жизни человека, а также возросшую роль научно-технического прогресса в решении строительных задач на примере мостостроения.

Данную задачу можно отнести к общему уровню и использовать в общеобразовательном классе при рассмотрении темы «Особенности строительного чертежа» на уроках черчения, а также при изучении, ознакомлении, закреплении ИКТ-навыков на уроках информатики.

Задача может быть использована на уроках МХК в 9 классе в разделе «Архитектура» по теме «Виды архитектуры»; в 11 классе в качестве обобщающего урока по теме «Архитектура от Древнего мира до современности».

Информационный поиск проводится по словосочетаниям «с древнеримских времен», «римский акведук», фразам «функциональные, конструктивные, эстетические требования», «эволюция строительства мостов», «научно-технический прогресс».

Решение данной задачи предполагает совершенствование графических навыков, развитие пространственного представления, образного мышления, умения применять Интернет в собственной образовательной деятельности. В процессе решения данной задачи учащиеся развивают навыки работы с различными источниками информации — справочной, научно-популярной литературой, интернет-ресурсами. Коллективные формы работы дают возможность каждому ученику проявлять активность и творчество, проводить аналитическую работу, делать выводы.

В качестве культурного образца используются материалы интернет-ресурсов и периодическая печать, а также иллюстративный ряд, который не вызывает трудностей в восприятии. Желательно использовать фотографии мостов, упоминаемых в тексте культурных образцов.

Образцы чертежей содержатся в следующих статьях:

1. *Руденко Б.* Мост вдоль Москвы-реки // Наука и жизнь. 2007. № 9. С. 15.

2. *Бардина И.* «Арфа» над проливом // Наука и жизнь. 2012. № 1. С. 34–35.