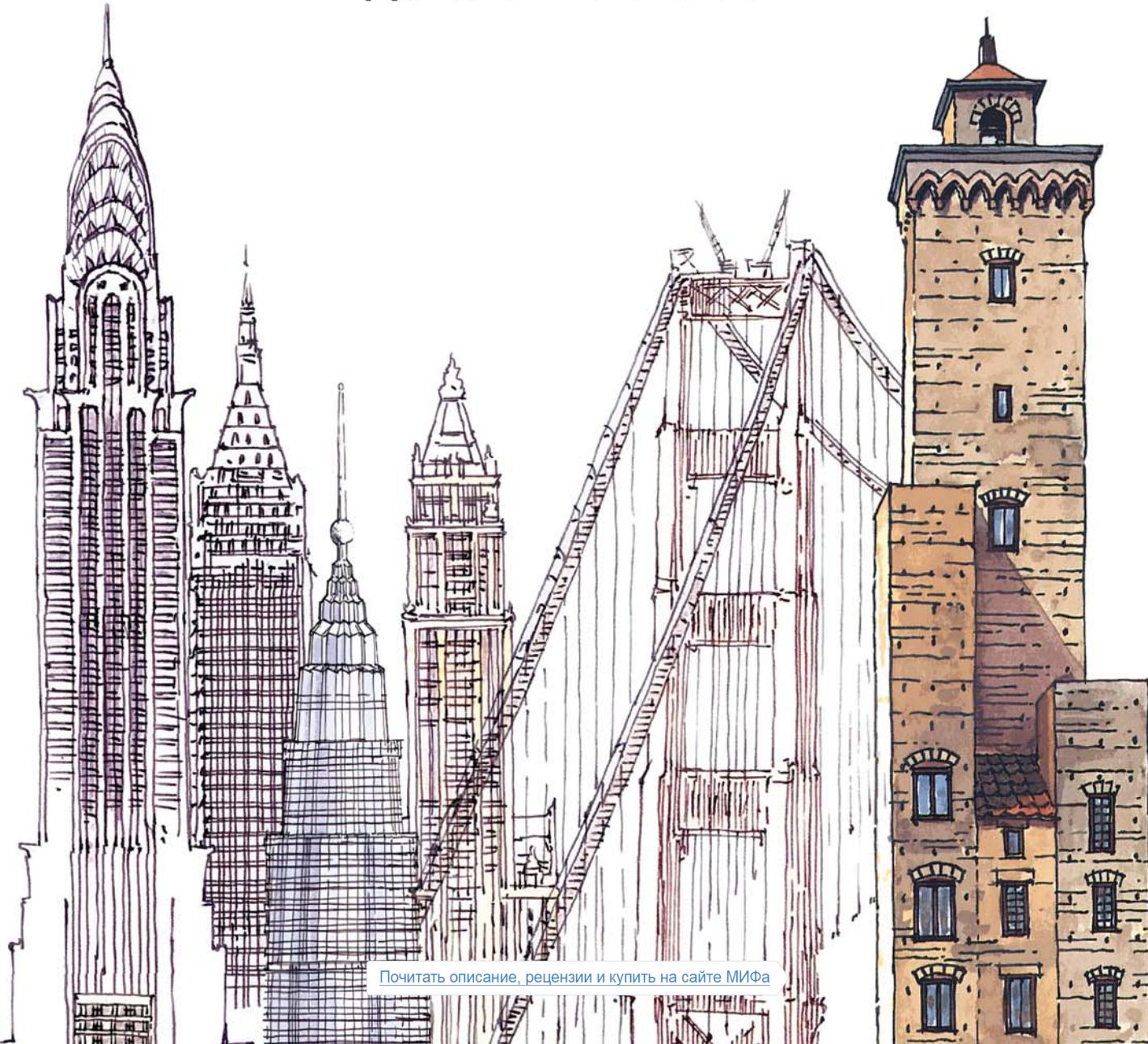


Д Э В И Д М А К О Л И

# КАК ЭТО ПОСТРОЕНО

ОТ МОСТОВ  
ДО НЕБОСКРЕБОВ



[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)



Дэвид Маколи

# Как это построено

Перевод с английского Марии Гескиной

Москва  
«Манн, Иванов и Фербер»  
2015

Научные редакторы: искусствовед Анастасия Сысоева,  
инженер промышленного и гражданского строительства  
Денис Калинин

Научный консультант: горный инженер-геолог Игорь Ольшанский

*Напечатано с разрешения Houghton Mifflin Harcourt  
Publishing Company*

Маколи, Д.  
М16 Как это построено: от мостов до небоскребов. Иллюстрированная энциклопедия / Дэвид Маколи ; пер. с англ. М. Гескиной. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2015. — 192 с. : илл.

ISBN 978-5-00057-364-8

Что общего у старинных соборов и стадиона в Хьюстоне? Как прокладывали туннели в древности и как это делают сегодня? Что особенного в гигантских плотинах и почему появились небоскребы?

Дэвид Маколи, автор мирового бестселлера «Как все устроено», обладает уникальной способностью пробуждать воображение читателей. В своей новой книге он помогает по-новому взглянуть на хорошо знакомые постройки — мосты, туннели, соборы, плотины, небоскребы. Маколи описывает весь путь создания выдающихся творений инженерной и архитектурной мысли, раскрывая перед нами дверь в интересный мир, знакомый лишь узкому кругу профессионалов.

УДК 624  
ББК 38

ISBN 978-5-00057-364-8

Оригинальное название: *Building Big*  
Текст и иллюстрации © 2000 by David Macaulay  
© Dorling Kindersley Limited, London, a Penguin Company, 2014  
© Издание на русском языке. «Манн, Иванов и Фербер» 2015

Научно-популярное издание  
Для широкого круга читателей

Дэвид Маколи

**КАК ЭТО ПОСТРОЕНО: ОТ МОСТОВ ДО НЕБОСКРЕБОВ**  
Иллюстрированная энциклопедия

Главный редактор Артем Степанов  
Руководитель редакции Анастасия Кренева  
Ответственный редактор Анастасия Кузнецова  
Литературный редактор Лейла Мамедова  
Арт-директор Алексей Богомолов  
Дизайн обложки Сергей Хозин  
Верстка Надежда Кудрякова  
Корректоры Наталья Витъко, Антон Снятковский, Надежда Болотина



**От автора.** Благодарю за отзывы и комментарии к книге Чака Сейма, Гэри Брили, Барри Кука, Уильяма Аллена, Уильяма Макдональда, профессора Марка Крювелья, а еще, конечно, исполнительного продюсера наших телепередач Ларри Кляйна, который, хоть и мало понимает в теме, честно прочитал все сценарии. Спасибо издательству Houghton Mifflin и редактору Уолтеру Лорейну, а также Донне Маккарти, Маргарет Мелвин, Лиз Дюваль и Кэти Блэк, которые сохранили спокойствие, как бы проект ни выходил за рамки всех сроков и дедлайнов. И, наконец, спасибо тебе, Рути, за постоянную поддержку и терпение. Эта книга для тебя, милая.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## Предисловие

7

## Мосты

Мост Фабричо	11
Айрон-бридж	15
Мост Британия	16
Виадук Гараби	20
Форт-бридж	24
Мост Золотые Ворота	30
Мост Нормандии	52

## Туннели

Два древних туннеля	58
Туннель Хусак	60
Туннель под Темзой	69
Туннель Холланда	76
Туннель под Ла-Маншем (Евротуннель)	78
Большой бостонский туннель	87

## Плотины

Гидроэлектростанция Ита	94
Плотина Гувера	111
Верхняя Асуанская дамба	118
Плотина Итайпу	122

## Купола

Пантеон	131
Собор Святой Софии	136
Мечеть Шехзаде	140
Собор Святого Петра	141
Дом инвалидов и собор Святого Павла	144
Капитолий	145
«Астродом»	154

## Небоскребы

Релайанс-билдинг	162
Вулворт-билдинг	166
Крайслер-билдинг	167
Эмпайр-стейт-билдинг	168
Центр Джона Хэнкока	174
Всемирный торговый центр	175
Уиллис-тауэр	176
Ситигруп-центр	179
Башни Петронас	180
Коммерцбанк	186

## Глоссарий

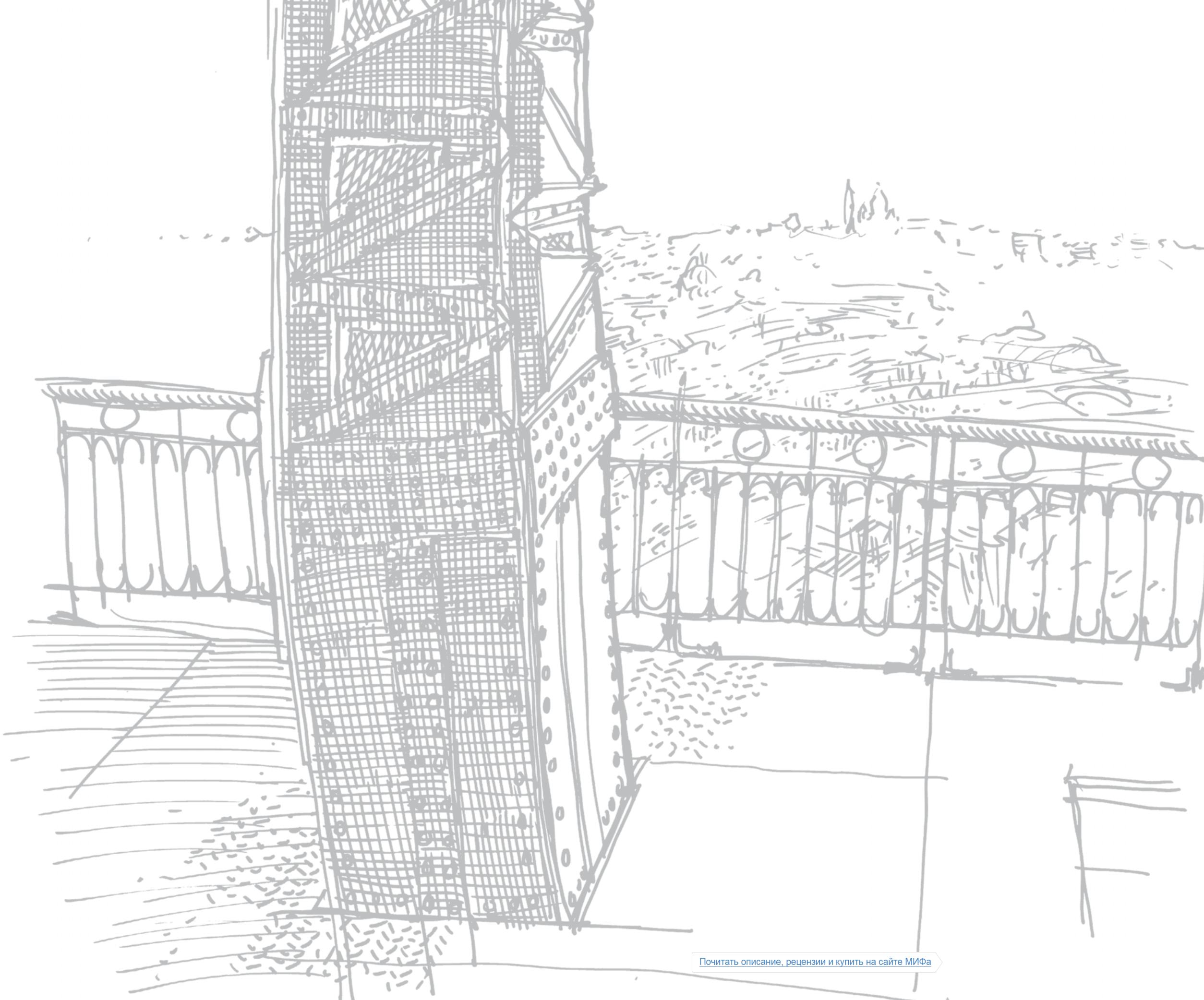
192

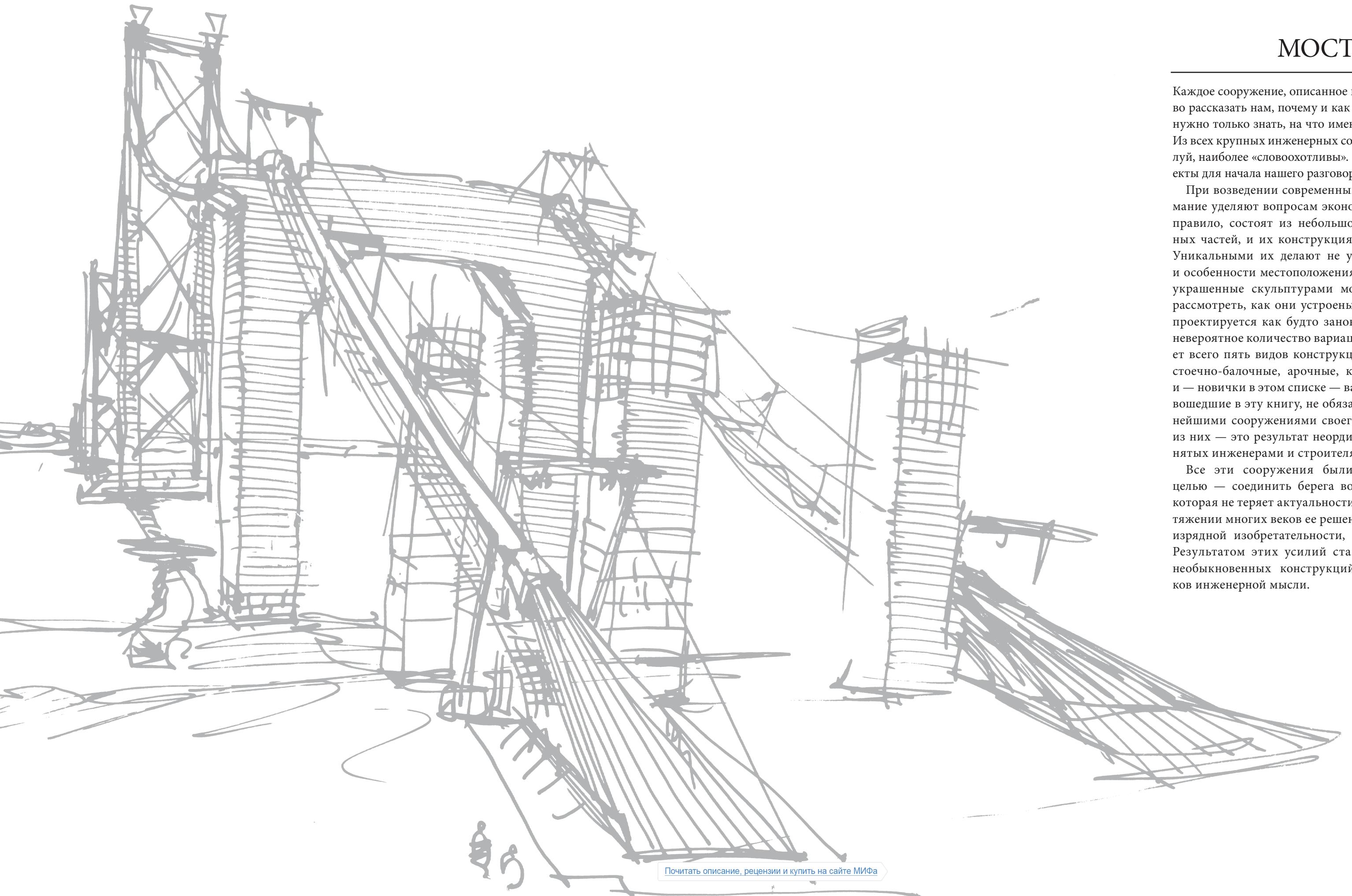
# ПРЕДИСЛОВИЕ

Программа «Как это построено» (*Building Big*) начиналась как пятисерийный фильм о строительстве мостов, туннелей, небоскребов, куполов и плотин. На протяжении двух лет вместе с продюсерами и разными съемочными группами я колесил по четырем континентам, меняя одну гостиницу на другую, и беседовал с множеством разных людей: проектировщиками, строителями и конструкторами.

Создатели фильмов обычно интересуются «человеческими» историями: честолюбивыми замыслами своих героев, их разочарованиями и успехами. Я же обнаружил, что меня больше увлекает техническая сторона вопроса, так сказать, «болты и гайки». Такой уж я человек. Почему проектировщики остановили свой выбор именно на этой конструкции, а не на какой-то другой? Почему использовали сталь, а не камень или бетон? Почему построили именно здесь? Эти вопросы заставили меня обратиться к процессам, с которых начинается любое строительство, к этапу, когда инженеры и проектировщики пытаются сформулировать задачи и последовательность их решения. Именно эти размышления окончательно убедили меня в необходимости написания книги — печатного «сопровождения» к своим фильмам.

В ней рассмотрены далеко не все сооружения, подобранные для съемок телесериала. Книга посвящена тому, как инженеры, встретившись с, казалось бы, нерешаемой проблемой, усилием ума и воли ее решают. Согласитесь, есть что-то воодушевляющее в том, что все грандиозные и впечатляющие трепет своим величием постройки являются результатом принятия человеческих решений и последовательной цепи их реализации. Когда осознаёшь, что здравый смысл и логика играют при строительстве не меньшую роль, чем воображение и технические ноу-хау, огромные сооружения становятся гораздо понятнее и воспринимаются совершенно иначе.



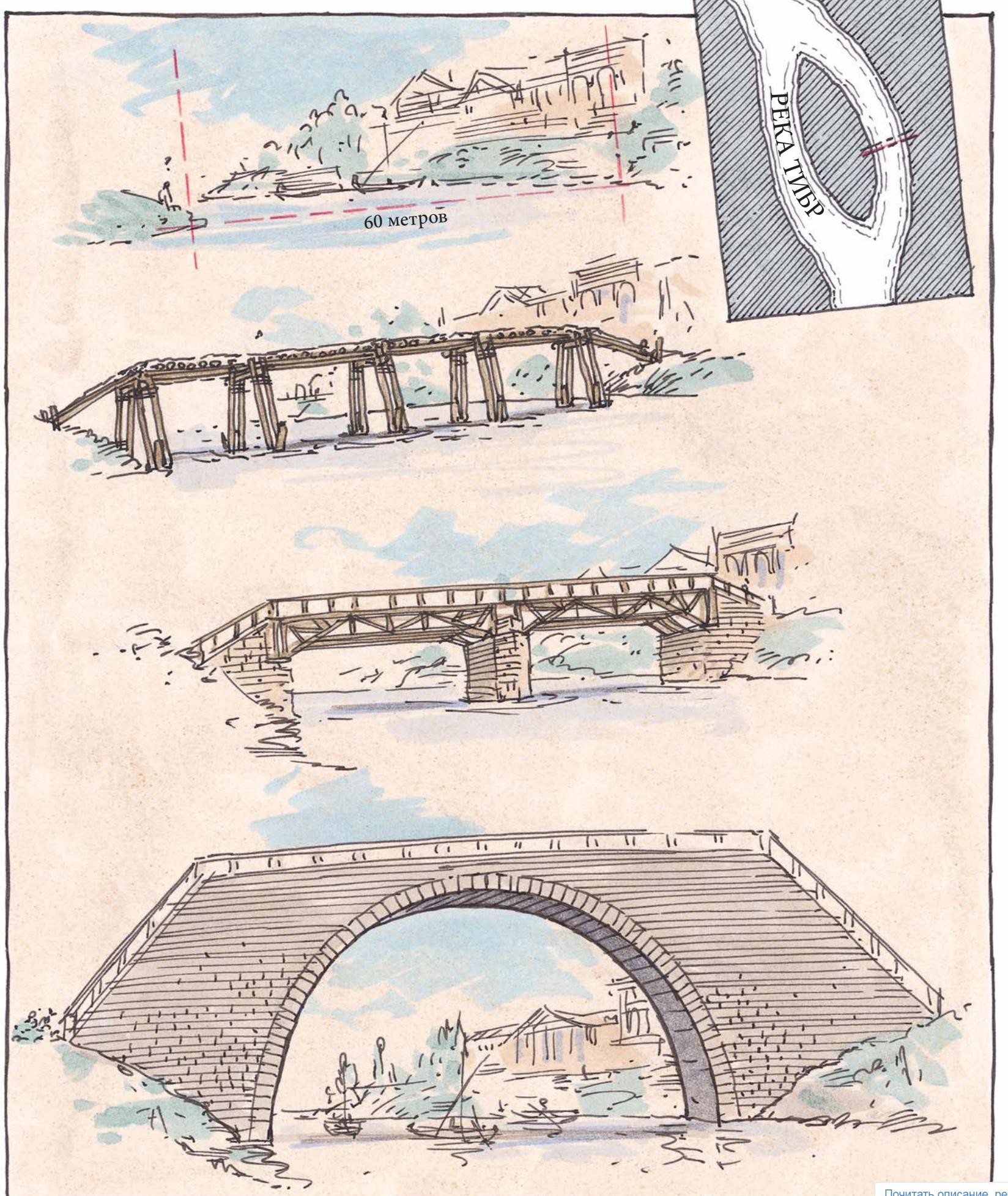


[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Каждое сооружение, описанное в этой книге, само готово рассказать нам, почему и как оно было построено, — нужно только знать, на что именно обратить внимание. Из всех крупных инженерных сооружений мосты, пожалуй, наиболее «словоохотливы». Они — идеальные объекты для начала нашего разговора.

При возведении современных мостов большое внимание уделяют вопросам экономичности. Мосты, как правило, состоят из небольшого количества составных частей, и их конструкция видна как на ладони. Уникальными их делают не украшения, а строение и особенности местоположения. Впрочем, старинные, украшенные скульптурами мосты легко позволяют рассмотреть, как они устроены. И хотя каждый мост проектируется как будто заново (отчего и возникает невероятное количество вариаций), по сути, существует всего пять видов конструкций для этих построек: стоечно-балочные, арочные, консольные, подвесные и — новички в этом списке — вантовые мосты. Мосты, вошедшие в эту книгу, не обязательно являлись крупнейшими сооружениями своего времени, но каждый из них — это результат неординарных решений, принятых инженерами и строителями.

Все эти сооружения были построены с одной целью — соединить берега водных преград: задача, которая не теряет актуальности и по сей день. На протяжении многих веков ее решение требовало от людей изрядной изобретательности, фантазии и смелости. Результатом этих усилий стало появление на свет необыкновенных конструкций, настоящих памятников инженерной мысли.



## МОСТ ФАБРИЧО

Рим, Италия, 62 год до н. э.

Власти Древнего Рима поставили перед инженерами задачу —озвести мост, который соединил бы берег реки Тибр с островом, находящимся в 60 метрах от него. На остров ездили отнюдь не для развлечений — на нем располагалась больница. Новый мост должен был отвечать, как это часто бывает, двум взаимоисключающим требованиям: быть удобным для пешеходов, то есть не слишком крутым, и в то же время достаточно высоким, чтобы под ним могли проплыть суда.

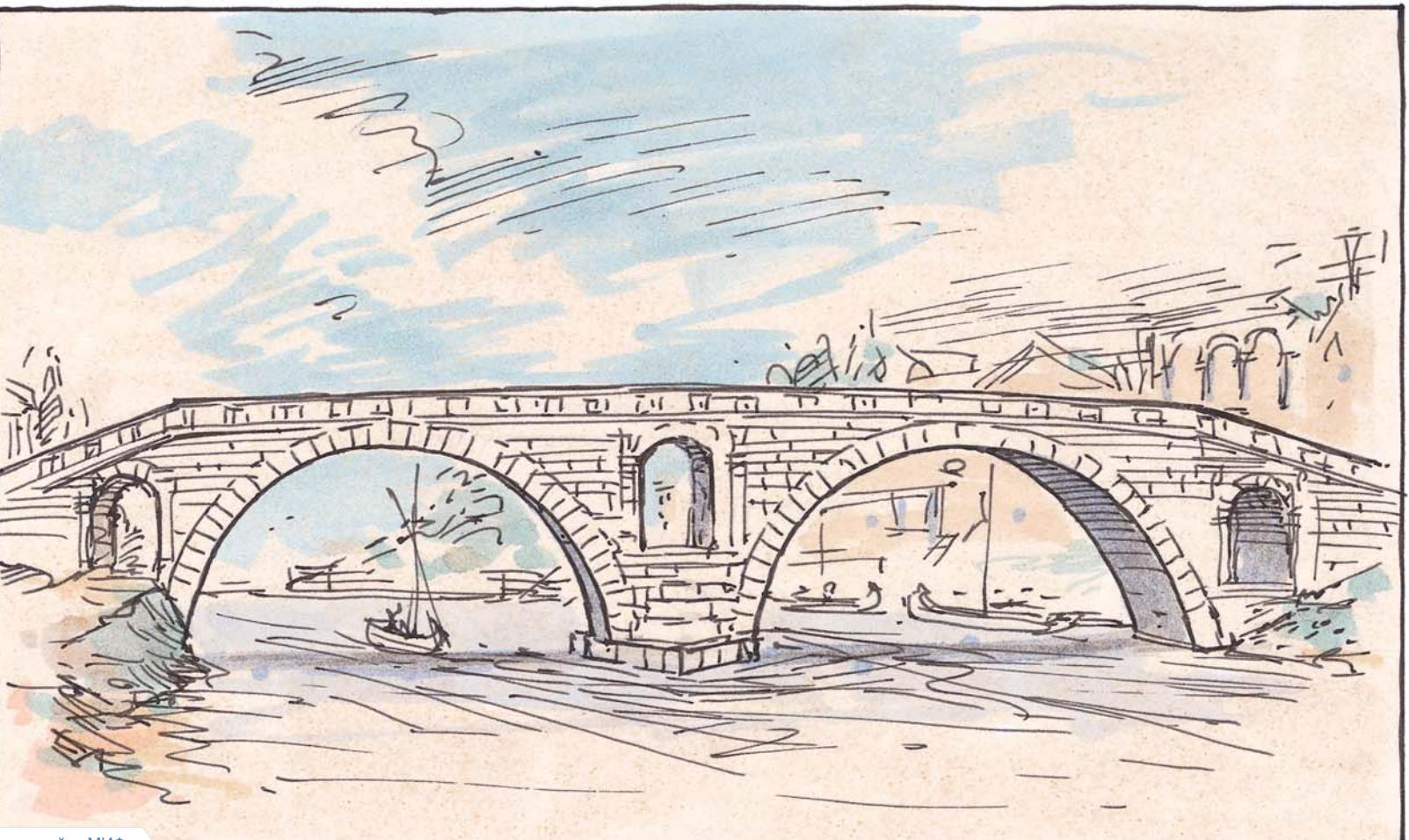
Сразу встал вопрос: из чего строить этот мост? Целиком из дерева? Или использовать деревянные балки, укрепив их на каменные опоры? Но такое сооружение, как опасались предусмотрительные римляне, могло легко разрушиться при пожаре. Еще один вариант — каменный арочный мост: конструкция долговечная, да и огонь ей

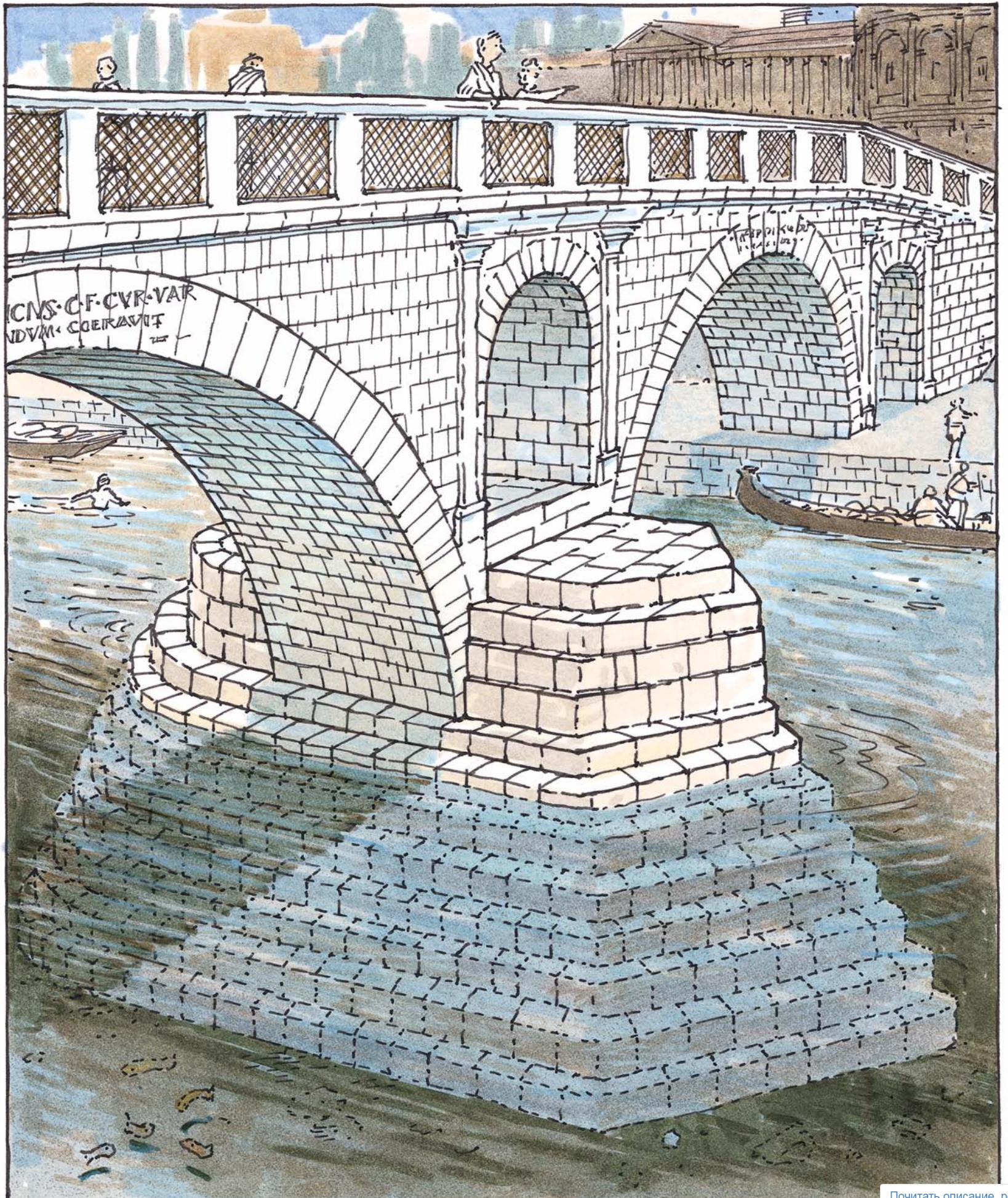
не страшен! Вот только не всякому здоровому человеку, не говоря уж о пациенте больницы, будет под силу преодолеть крутой подъем и спуск.

В конце концов этот важный для города мост решили строить, объединив две каменные арки. Получилась очень прочная (мост стоит по сей день), достаточно высокая (под ней свободно проплывают корабли) и сравнительно пологая конструкция. Чтобы сделать ее еще более устойчивой во время ежегодных разливов Тибра, к двум основным аркам по краям были добавлены еще три небольшие. Это снизило нагрузку на мост во время паводков.

Достойное во всех отношениях решение! Настолько достойное, что руководивший работами Луций Фабриций велел высечь свое имя на каменной кладке моста в четырех местах.

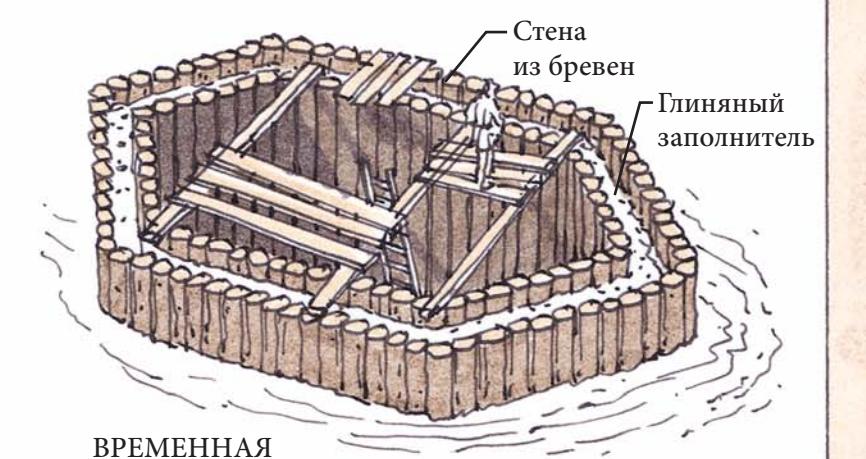
# FABRICIVS





[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

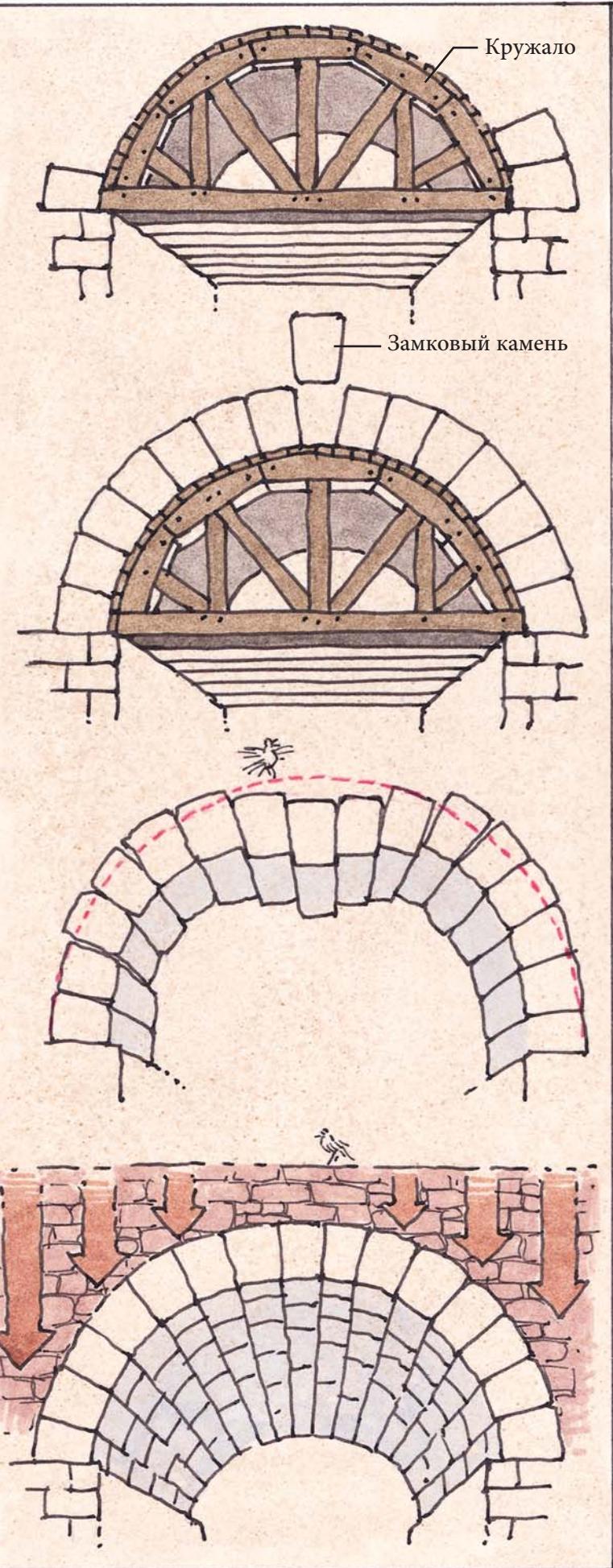
Древнеримские инженеры прекрасно понимали: любая конструкция прочна ровно настолько, насколько прочны опоры, на которых она установлена. Построить надежную опору непросто даже на земле, а уж посередине реки — это особое искусство. Скорее всего, строители моста Фабрико начали работу летом, когда река обмелела. Они отвели воду при помощи водонепроницаемой перемычки. Затем построили вокруг места возведения центральной опоры временную дамбу. Отгородив ее внутреннее пространство деревянной стеной, они откачали воду, расчистили сухой участок русла и заложили опору.

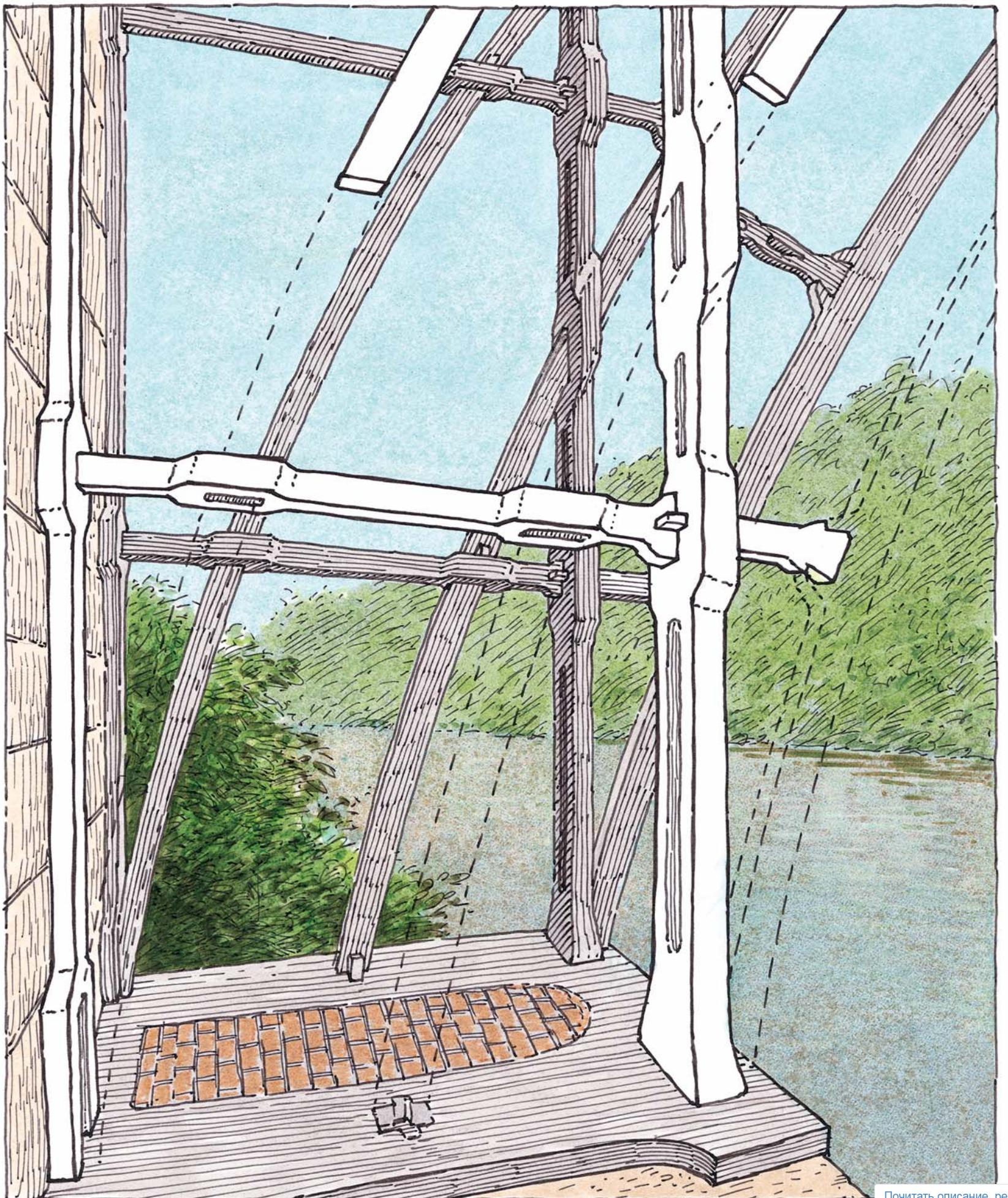


ВРЕМЕННАЯ  
ДАМБА

Арочная конструкция, соединившая берега Тибра, имела не менее важное значение для прочности моста, чем его опоры. Каменные арки выкладывались поверх временной деревянной разборной формы — кружала. Работа считалась законченной, когда на свое место устанавливали последний, так называемый замковый камень. Но если бы сразу после этого убрали кружало, то камни из свода арки могли выпасть (камням это обычно неплохо удается), и она бы разрушилась. Чтобы этого не произошло, прежде чем разобрать кружало, пространство над аркой заполнили каменной кладкой. В результате камни свода придавило друг к другу, что сделало арочную конструкцию еще прочнее. Арки успешно удерживали вес массивного каменного моста, передавая его нагрузку через опоры на фундамент.

Тот факт, что мосту Фабрико уже больше 2000 лет и он по-прежнему исправно служит людям, показывает, что удачное сочетание формы и материала очень важно в строительстве мостов.





[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

## АЙРОН-БРИДЖ

Колбрукдейл, Великобритания, 1775 год

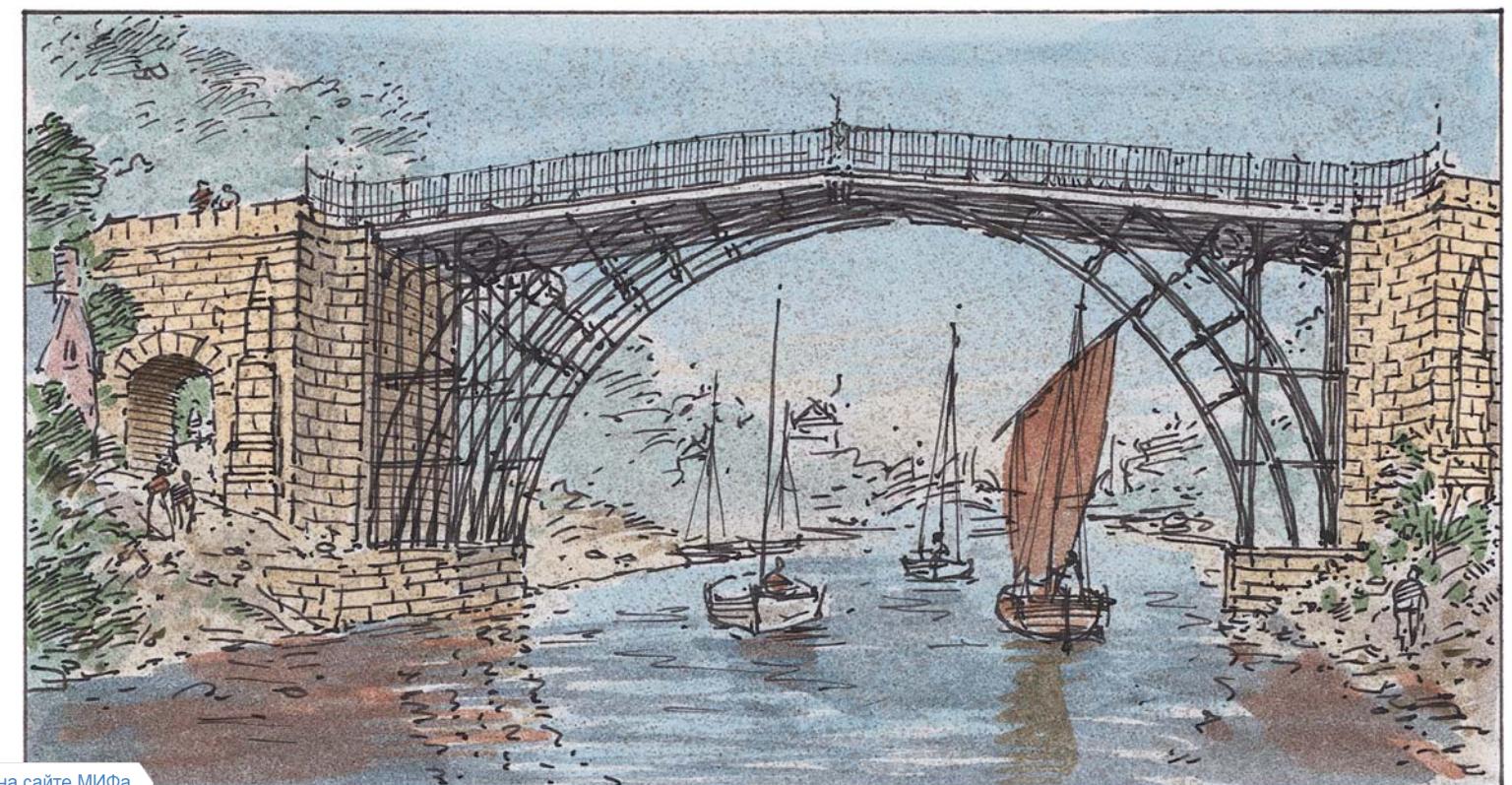
Во второй половине XVIII столетия стремительная река Северн, протекающая через ущелье в районе города Колбрукдейл, оказалась серьезным препятствием для перевозки грузов. В Англии в то время полным ходом шла промышленная революция. Полезные ископаемые, залегающие в местных долинах, были необходимы для развития металлургического производства. Грузы приходилось перевозить по реке на паромах. Но для активно развивающегося Колбрукдейла — центра металлургической промышленности — паромные переправы не могли решить проблему транспортировки грузов. Здесь требовался мост.

Как и в предыдущей истории, он должен был быть арочным, чтобы не мешать судоходству. И снова извечный вопрос: из какого материала строить? Камень? Ему нет равных по многим причинам, но уж очень он тяжел для транспортировки и неподатлив в обработке. Перевозчики дорого берут за свою работу, каменотесы — тоже. А что, если использовать чугун? При отливке ему можно придать нужную форму. К тому же Колбрукдейл славился по всей Англии чугунным производством. Свои услуги инженерам немедленно предложил хозяин местного литейного цеха Абрахам Дерби III. Ему выпала честь участвовать в строительстве первого в мире полностью чугунного моста и прославить свое имя в истории мостостроения.

В отличие от каменного моста Фабричо, Айрон-бридж, состоящий из восьмисот деталей, собирали, как

гигантский конструктор. Отливали их так: полноразмерную деревянную модель той или иной детали сначала впечатывали в песчано-глинистую почву прямо на берегу, рядом со строительной площадкой, а затем аккуратно вытаскивали. В получившуюся форму заливали расплавленный чугун. С помощью «ласточкиных хвостов», шипов и гнезд — разъемных соединений, «заимствованных» из деревянных конструкций, — строители скрепляли отлитые фрагменты чугунного моста друг с другом. Работали они на легких строительных лесах высоко над рекой, над проплывающими кораблями и баржами.

Как и планировалось, для моста была выбрана уже знакомая нам конструктивная форма — арка. Она, как вы теперь знаете, идеально подходит для судоходных рек — и, как показал Айрон-бридж, для чугуна тоже! Дело в том, что в арочной конструкции строительный материал подвергается воздействию силы сжатия. Из всех металлов именно чугун лучше других способен сопротивляться этой силе. Знал ли об этом Дерби или ему просто повезло — можно только догадываться. Во всяком случае, мост Айрон-бридж стоит по сей день. Во многом потому, что для него было найдено на редкость удачное сочетание формы и материала. Его ажурная конструкция — своего рода открытие в строительстве мостов. Она красива, прочна и не создает помех во время весенних разливов реки.



# МОСТ БРИТАНИЯ

Бангор, Северный Уэльс, 1838 год

Непростая задача стояла перед инженером-железнодорожником Робертом Стефенсоном. Он должен был построить мост, достаточно прочный, чтобы по нему могли ходить поезда с «Большого острова» — основной территории Англии — на остров Англси. Между ними 270 метров водной глади, но это еще не все! Пролив, над которым планировалось построить мост, был судоходным. Согласно законам Великобритании, проекту Стефенсона предстояло получить одобрение самого Британского адмиралтейства. Арочный мост с опорами в воде чиновники строить не разрешили, поскольку существовала опасность

перекрытия судоходного канала — фарватера. По этой же причине мост должен был возвышаться над водной поверхностью не менее чем на 30 метров.

Изучив карту пролива, Стефенсон остановился на месте, где почти посередине между берегами находился маленький островок. Возможность использовать то, что дано природой, всегда приветствовалась строителями. С опорой на островок Стефенсон мог построить два более коротких мостовых пролета вместо одного длинного. Поскольку арочная конструкция исключалась, инженер остановил свой выбор на стоечно-балочной.

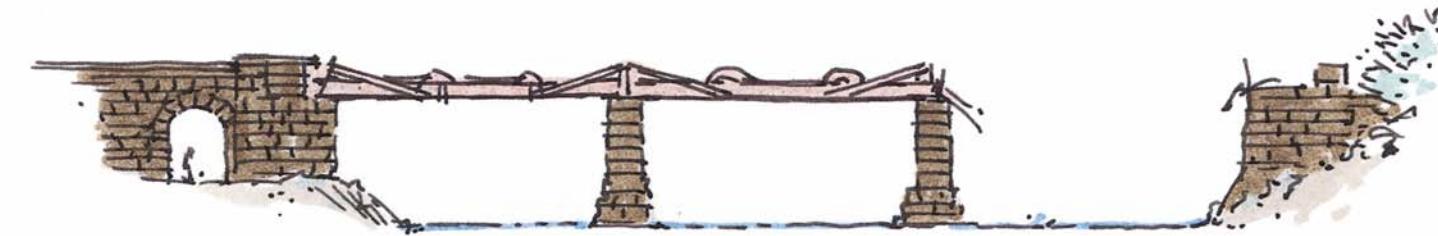


[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

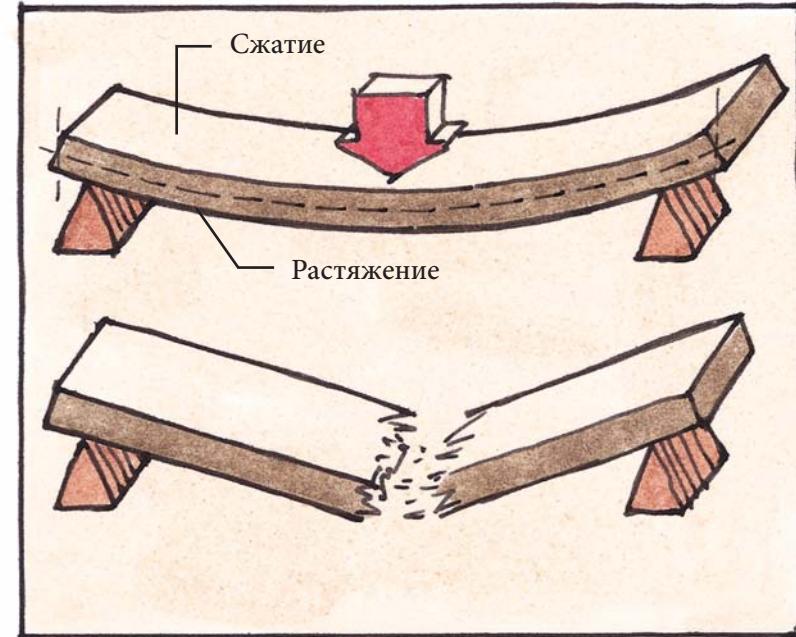
Чтобы понять, как работает балка, представьте себе доску, лежащую на двух опорах. Если на середину доски положить груз, она прогнется. Сжавшись, ее верхняя сторона станет чуть короче, а нижняя, наоборот, удлинится, так как растягивается. Если доска не может выдержать одной из этих сил — сжатия и растяжения — или обеих, она ломается.

В то время, когда строились опоры нового моста Стефенсона, другой его стоечно-балочный мост на той же железнодорожной линии рухнул, и пятеро человек погибли в водах реки Ди. Чугунные балки рухнувшего моста оказались слишком тонкими и не выдержали нагрузки. Печальный опыт навел Стефенсона и его коллег-инженеров на мысль о том, что балки должны обладать прочностью не только на изгиб, но и на скручивание.

Для уменьшения воздействия этих сил в пролетах моста, достигавших длины в 140 метров, решили использовать очень массивные балки. Деревянные не годились по целому ряду причин, а чугунные были слишком тяжелыми. Какой же выход нашли инженеры?

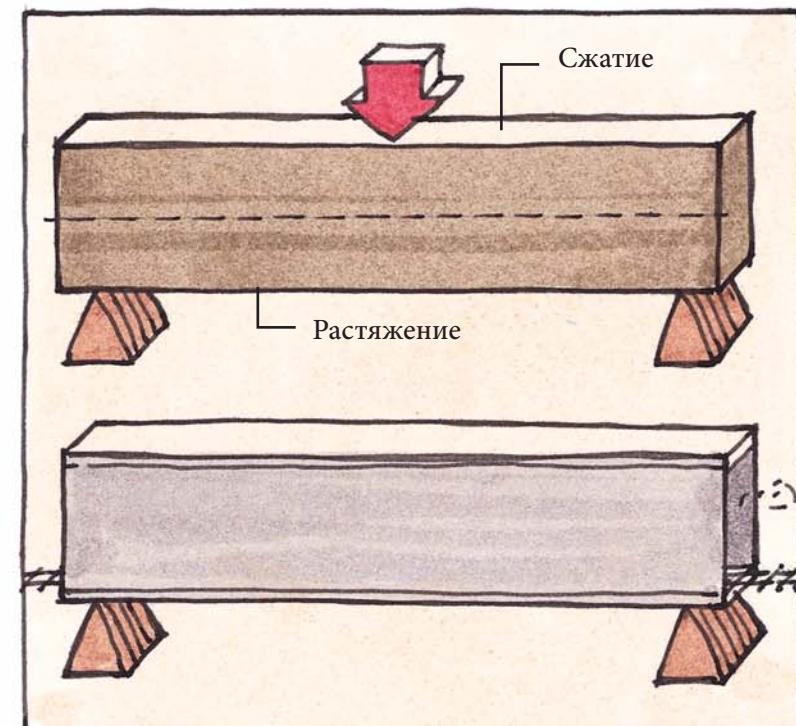


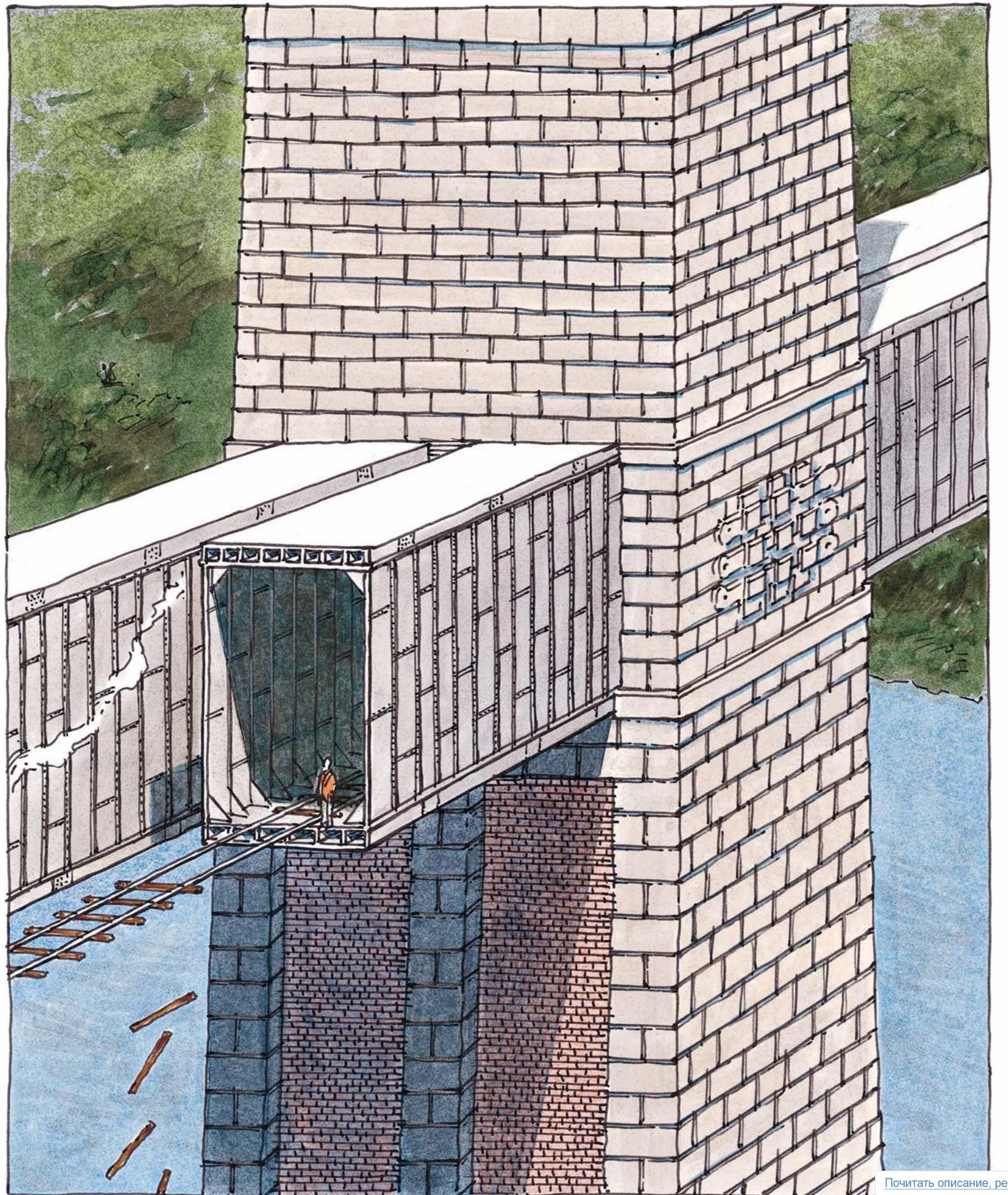
Мост через реку Ди, 24 мая 1847 года



Представьте себе, что мы перевернули доску на ребро. Верхняя ее сторона точно так же будет подвергаться сжатию, а нижняя — растяжению, но сгибающаяся доска будет существенно меньше, потому что напряжение изгиба распределится на более глубокие слои материала. Стефенсон и его коллега Уильям Фейрберн решили построить мост из таких поставленных на ребро балок. Причем они спроектировали балки такого размера, что поезда могли проезжать не по ним, а... внутри них.

В законченном виде мост через пролив представлял собой две параллельные трубы по 9 метров в высоту и по 4,5 метра в ширину. Они были сделаны из пластичного сплава — ковкого чугуна — и установлены на высоких каменных опорах. Боковые части огромных балок-туннелей состояли из плоских панелей, низ



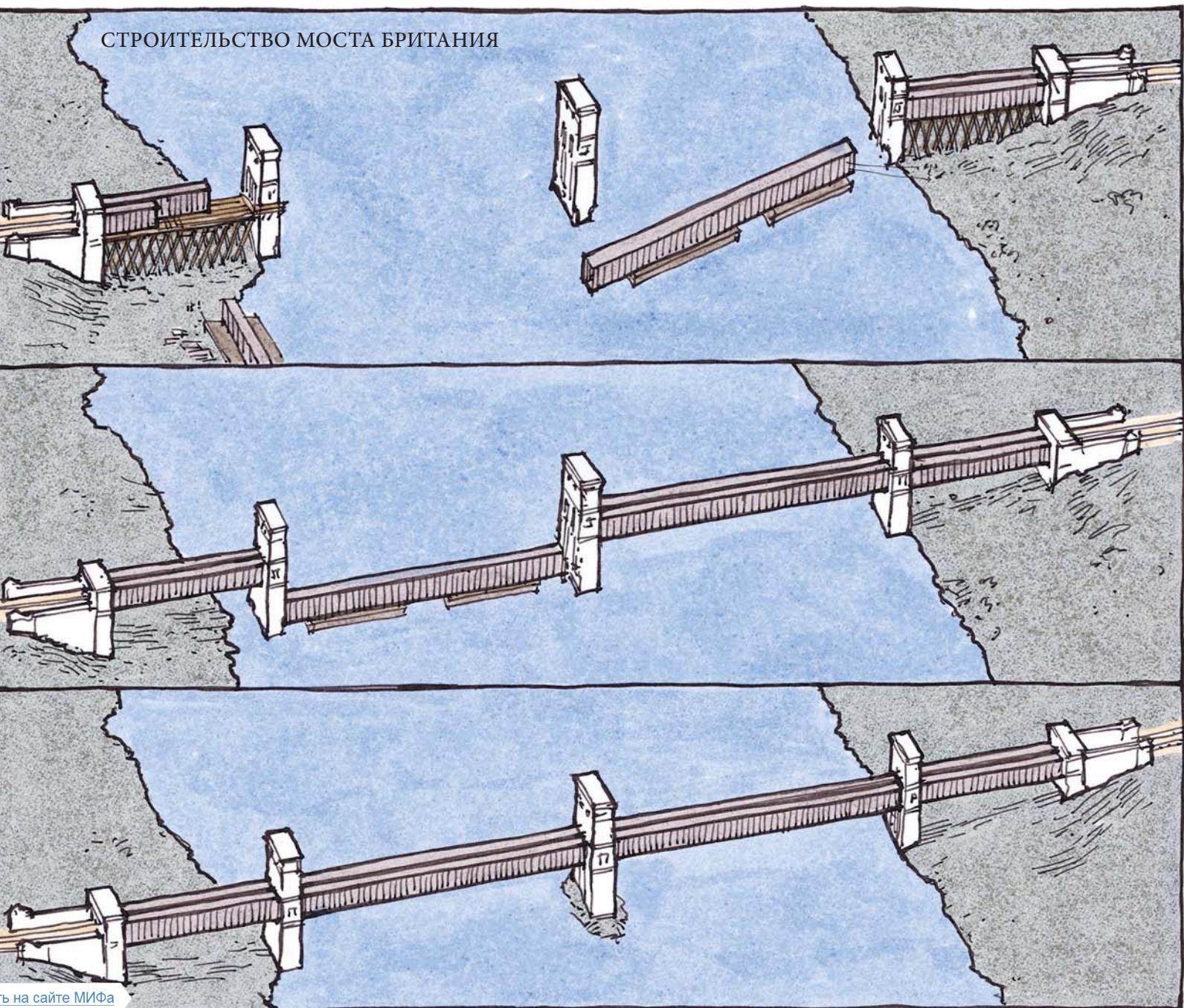


[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

и верх собраны из труб небольшого сечения. Все части конструкции были приклепаны друг к другу. В отличие от других видов чугуна, ковкий чугун одинаково хорошо работает и на сжатие, и на растяжение. Верх балок-туннелей моста Британия сделали более массивным, чем низ. Этот хитрый прием помог избежать скручивания, которое погубило мост на реке Ди. Четыре огромные балки, составляющие пролеты моста Британия, собрали на берегу и во время прилива доставили по воде на место монтажа. Их установили в вертикальные пазы на каменных опорах, а затем

аккуратно подняли на место при помощи мощных домкратов.

Мост Британия — единственный из описанных в этой главе мостов, который, к сожалению, не сохранился в своем первозданном виде до наших дней. Огонь губителен для металла: он хотя и не горит, но сильно деформируется. В 1970 году случился пожар, и металлические детали моста Британия были испорчены настолько, что по нему уже не могли ходить поезда. Конструкцию разобрали, и на ее месте построили новый мост — на этот раз все-таки арочный.



# ВИАДУК ГАРАБИ

Округ Сен-Флур, Франция, 1879 год

Следующая история — о другом мосте, преодолевшем не только водную преграду, на этот раз в солнечной Франции. Здесь мост нужен был для того, чтобы протянуть грузовую железнодорожную ветку через Центральный массив — горный район на юге страны. Речной поток на дне глубокого ущелья, который предстояло пересечь, кажется ручейком по сравнению с проливом Менай в Уэльсе. Однако вот незадача — он протекает на 120 метров ниже линии, по которой следовало проложить железнодорожные пути. Инженером-проектировщиком моста был Гюстав Эйфель, автор знаменитой Эйфелевой башни

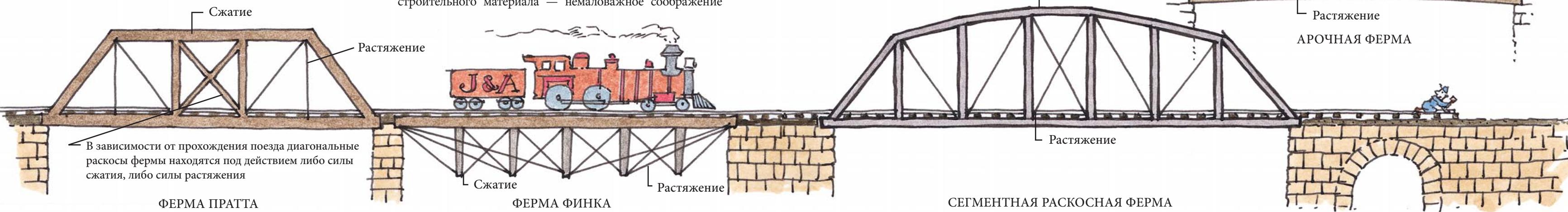
в Париже. До этого инженер уже спроектировал сотни различных сооружений, в том числе и других железнодорожных мостов в этом регионе. Эйфель прекрасно знал требования, предъявляемые к таким постройкам. Знал он также и о коварных особенностях изрезанного горными цепями Центрального массива, где в дополнение к резким перепадам рельефа дуют сильнейшие ветра.

Вместо того чтобы бороться с ветром при помощи увеличения массы моста, Эйфель решил перехитрить стихию. Он спроектировал открытую металлическую конструкцию, продувавшуюся насквозь и к тому же требовавшую меньше строительного материала — немаловажное соображение

при строительстве в отдаленном районе. В основе конструкции виадука Гараби лежит ферма — рама из соединенных между собой треугольников, на стороны которых действуют силы сжатия и растяжения.

В XIX веке мосты с фермами активно строили на железных дорогах американского Запада. Дерева там было в достатке, работать с этим стройматериалом легко, и подобные мосты возводились быстро. Но и горели они часто. Со временем строители стали заменять отдельные детали деревянных ферм более прочными железными. Сегодня мосты с железными фермами — самые популярные в Америке. Они чрезвычайно прочны и могут покрывать длинные расстояния.

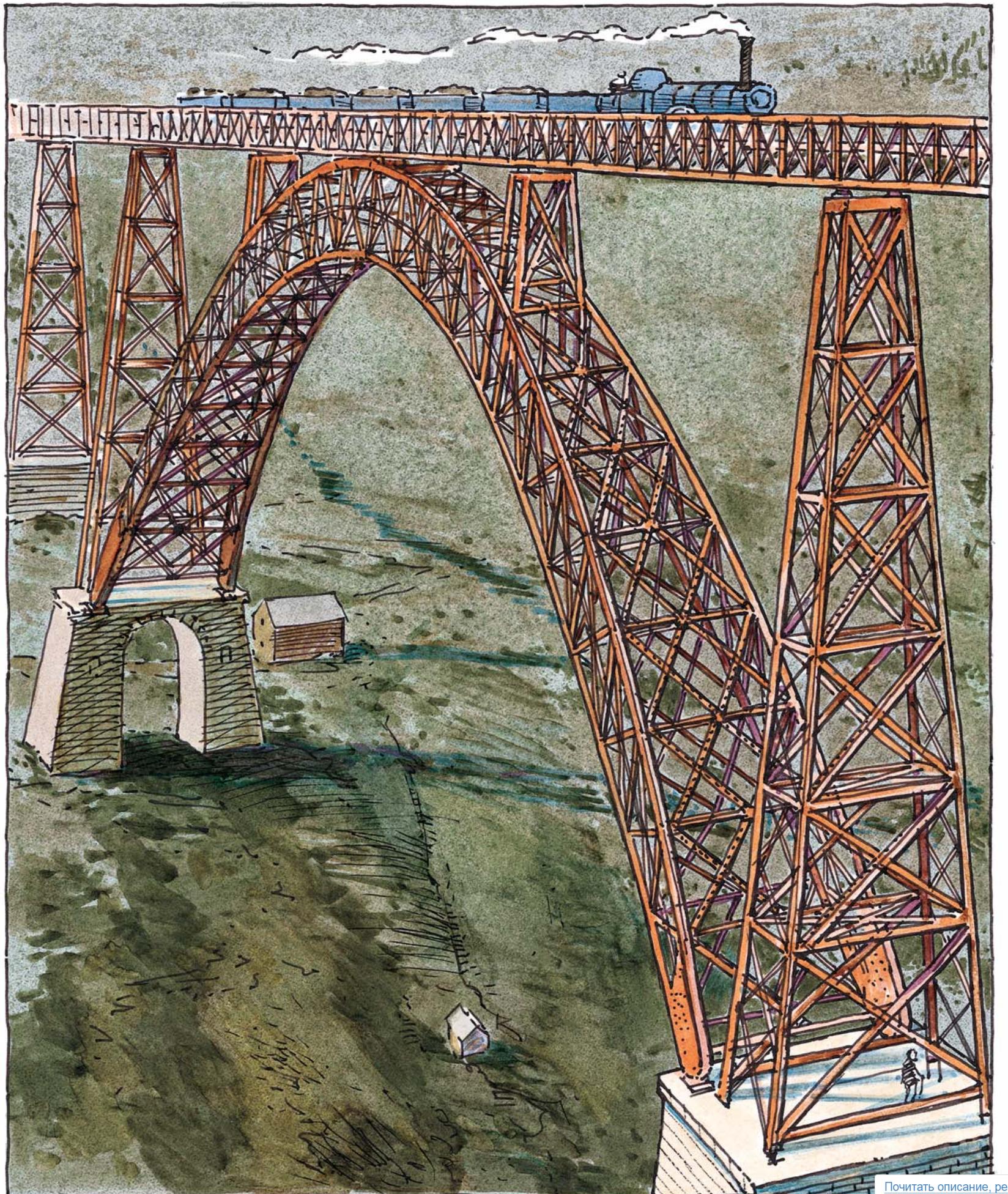
Две нарисованные на соседней странице фермы названы в честь своих создателей, а две другие получили название благодаря своей форме. Большинство ферм проектируется со слегка изогнутой вверх нижней балкой — так называемым строительным подъемом. Когда поезд давит на мост, ферма выпрямляется, но никогда не прогибается.



ПЛАНИРУЕМАЯ ЛИНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ВИАДУКА ГАРАБИ



[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

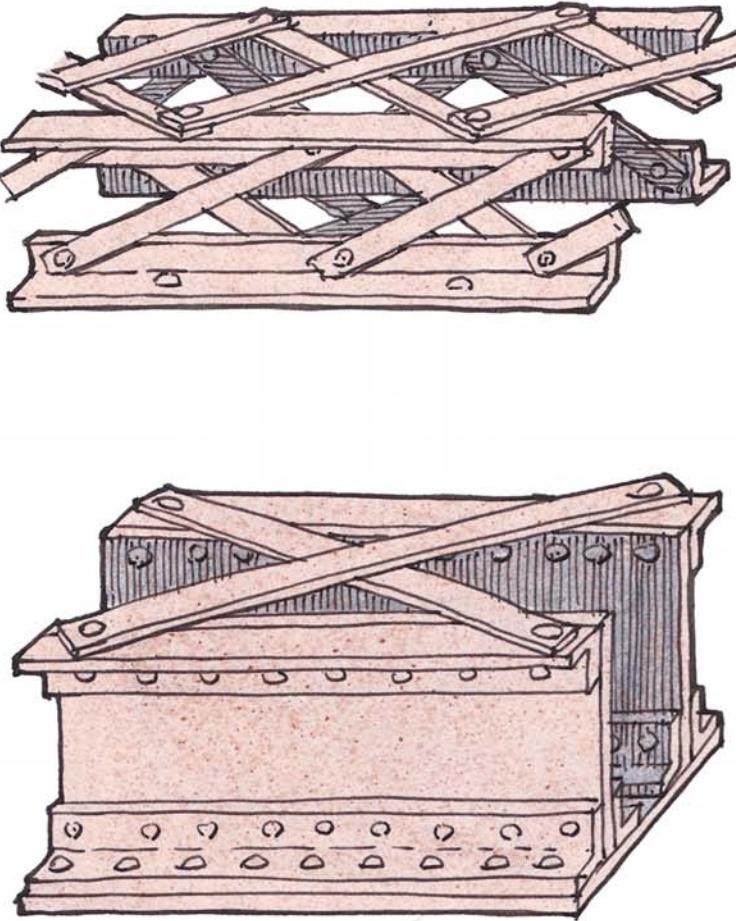
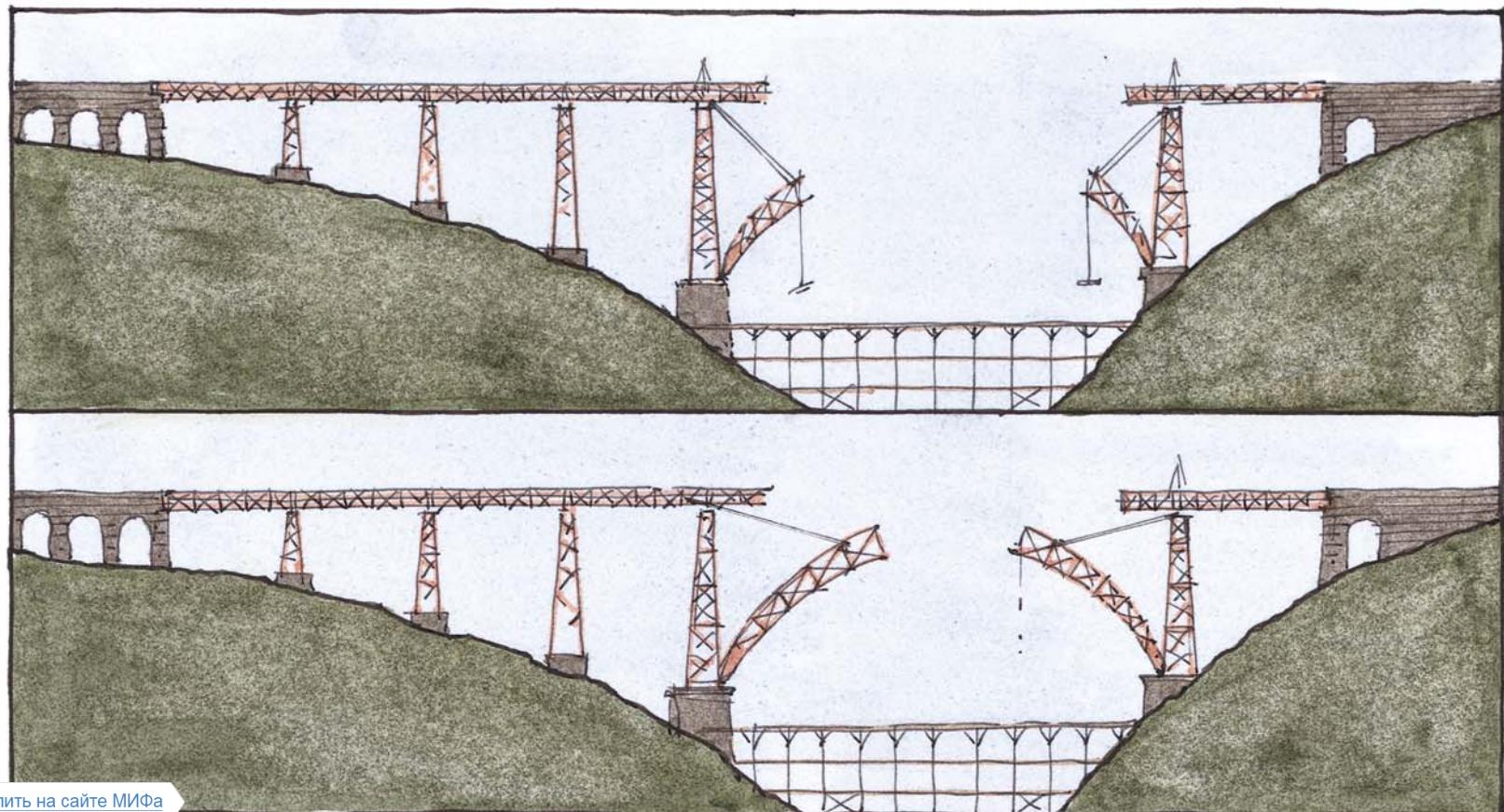


[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Виадук Гараби — это усложненная стоечно-балочная конструкция длиной в 560 метров.

Длинная металлическая ферма виадука, по которой проложено железнодорожное полотно, опирается на ряд металлических опор, возведенных на склонах ущелья. В центре моста ферма проходит над водным потоком. Здесь Эйфель нашел блестящее конструктивное решение: вместо того чтобы строить три высокие опоры в воде, он перекрыл ущелье огромной 160-метровой аркой. На внешнем ее изгибе размещены две опоры меньшего размера, а третьей опорой для фермы служит вершина самой арки.

Для того чтобы термическое расширение и сжатие металла не повредило прочности конструкции, концы арки закреплены на каменных основаниях-опорах не жестко. Устойчивость сооружения увеличилась благодаря тому, что металлические детали опор и самой арки внизу толще в сечении, а значит, более мощные. Чтобы свести к минимуму парусность и уменьшить вес конструкции, Эйфель предложил собрать ферму не из литых массивных деталей, а из мелких и более легких стальных планок и уголков, склеенных между собой. Монтировали сооружение навесным способом, постепенно «наращивая» арку и удерживая ее части с помощью тросов. Кружала для строительных работ здесь не требовалось, но пришлось построить временный деревянный мост, чтобы рабочим было удобнее передвигаться и перевозить строительные материалы по дну ущелья.





**Почитать описание и заказать  
в МИФе**

**Смотреть книгу**

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

Взрослые книги:  

Проза:  

Детские книги:  

**МИФ**