



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)



Кафедра "Мосты и транспортные тоннели"

2013/2014 уч. год.

# ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

доц. к.т.н. ВАЛИЕВ ШЕРАЛИ НАЗРАЛИЕВИЧ



Тел.: (499) 155 03 56, 155 03 69

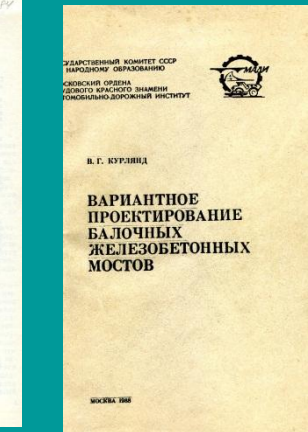
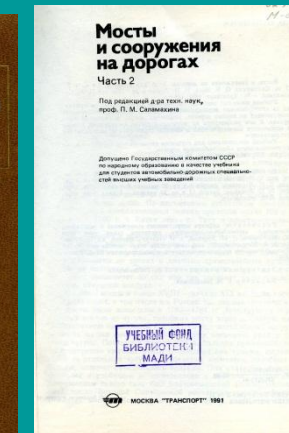
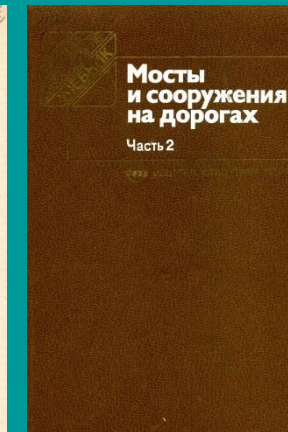
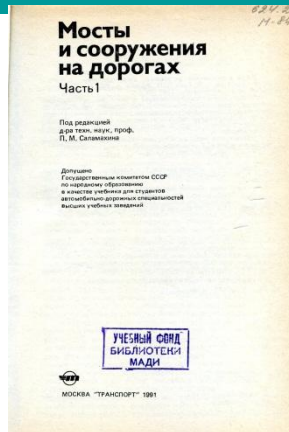
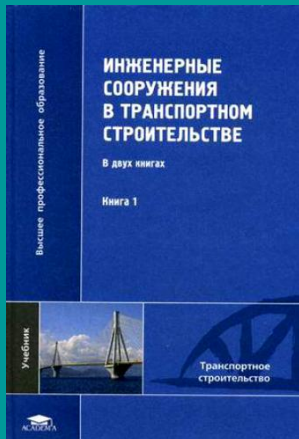
E-mail: [mtt-web@mtt.madi.ru](mailto:mtt-web@mtt.madi.ru),  
[mosti.madi@lmail.ru](mailto:mosti.madi@lmail.ru)

# Курс: ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Преподаватель: доц. ВАЛИЕВ ШЕРАЛИ НАЗРАЛИЕВИЧ

## Рекомендуемая литература.

1. Инженерные сооружения в транспортном строительстве.  
Кн. 1 и 2. «Академия», Москва, 2008 г.  
Под ред. П.М. Саламахина.
2. Мосты и сооружения на дорогах Часть 1 и 2, 1991 г.  
Под ред. П.М. Саламахина.
3. Конспект лекций по дисциплине “Проектирование мостов”.  
П.М. Саламахин, - М.: МАДИ, 2004 г.
4. Вариантное проектирование балочных железобетонных мостов.  
Курлянд В.Г. - М.: МАДИ, 1988.



- **Цель и задачи дисциплины.**

Основная цель преподавания дисциплины **«Инженерные сооружения в транспортном строительстве»** состоит в усвоении бакалаврами теоретических основ проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений.

В процессе изучения дисциплины ставится цель - дать будущим специалистам необходимые знания по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах.

Целью изучения дисциплины, также, заключается в формировании у бакалавров такой системы освоения и понимания основных положений курса, которая, позволит обеспечить навыки и умение самостоятельно, творчески выполнять обоснование выбора того или иного искусственного сооружения, технологии их строительства и эксплуатации. Этому способствует закрепление лекционного материала курса практическими занятиями и курсовой работой.

Важнейшей задачей дисциплины является овладение бакалаврами комплексом знаний, отражающих современное состояние и перспективы развития новых методов расчета, конструкций, технологий строительства и эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах.

# Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость дисциплины		Семестры (кол-во недель в семестре)			
		Всего часов	Из них в интер-активной форме	3 (18)	4 (16)	5 (18)	6 (16)
1		2	3	4	5	6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		48	10				48
в том числе:	Лекции (Л)	16					16
	Лабораторные работы (ЛР)						
	Практические занятия (ПЗ)	32	10				32
<b>Самостоятельная работа студента (СРС) (всего), в том числе:</b>		60					60
СРС в семестре:	Курсовой проект (КП)						
	Курсовая работа (КР)	20					20
	Расчетно-графические работы (РГР)						
	Реферат (РЕФ)						
	<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	4					4
СРС в сессию:	Экзамен	36					36

# ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

**Строительство мостов** началось в глубокой древности и способствовало развитию цивилизации человеческого общества.

Можно предположить, что сооружение мостов было одним из начал развития техники.

По совершенству транспортной сети, а мосты являются неотъемлемой и одной из наиболее значимых ее составляющих, можно судить не только о технических достижениях общества, но и об уровне развития искусства в данной стране.

Многие мостовые сооружения можно рассматривать как произведения искусства, сохраняющие духовное воздействие на людей на протяжении столетий и даже тысячелетий. Эта особенность мостов как творений рук человеческих органично сочетается с их практической полезностью в обеспечении свободы передвижений потоков грузов и самих людей. Характерно, что колебания в развитии экономики государства отражаются на строительстве мостов, и сами мосты, как и дороги в целом, оказывают ощутимое влияние на развитие экономики. Стоимость строительства больших мостов, и особенно внеклассных, составляет многие сотни и даже миллиарды рублей, что может позволить себе далеко не каждая страна, а само строительство требует уникальных специалистов и технических средств.

**История развития мостостроения неразрывно связана с развитием мировой цивилизации. Его корни уходят в глубокую древность. Возможно, что первыми прообразами мостов были деревья, случайно упавшие над водными потоками, по которым первобытный человек переправлялся на противоположный берег. То же можно предположить и о природных каменных мостах. Люди начали подражать природному образцу и на протяжении многих веков совершенствовали свои умения строительства деревянных и каменных мостов.**

Некоторые природные образования стали прообразом каменных арочных мостов. Естественный каменный свод самого большого пролета (88 м) находится в американском штате Юта. В Болгарии в местности «Скальные мосты» находится естественный каменный свод пролетом 35 м. В Ираке находятся руины каменного моста, построенного 7000 лет тому назад.

Сербский писатель Иво Андрич сказал некогда о мостах: «Они

**Когда люди  
начали  
строить  
мосты?**

важнее, чем дома, они более святы, чем церкви, потому что сильнее объединяют. Они принадле-

жат всем и всем в равной мере приносят пользу; они возводятся именно в тех местах, где сходится множество человеческих потребностей; они долговечнее других строений и никогда не служат какой-то скрытой или злой цели».

Многие тысячелетия назад люди заметили, что проще перейти ручей по стволу упавшего дерева, соединившего случайно противоположные берега.

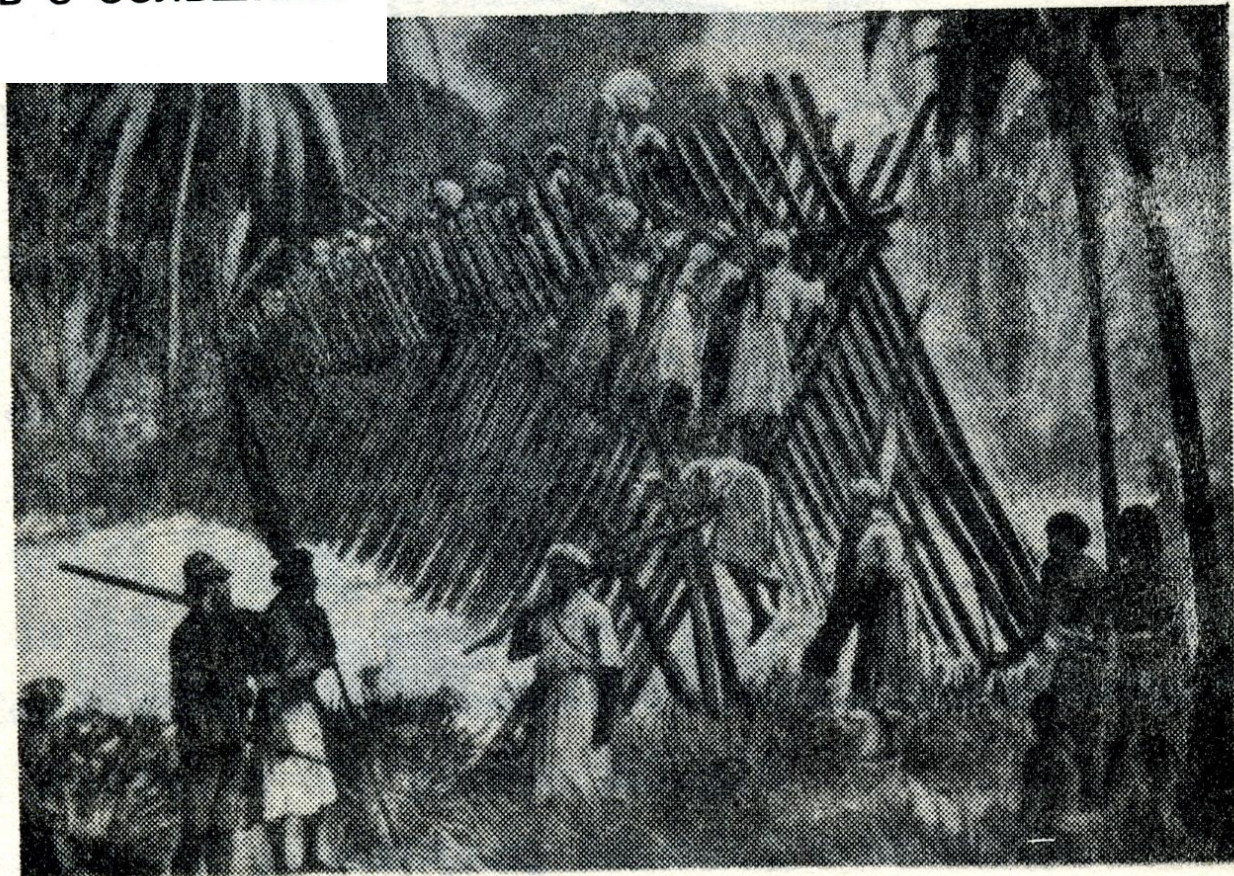






*Естественный арочный мост высотой 34 м через р. Ардеш на юге Франции. Вероятно, некогда это был вход в обрушившуюся пещеру.*

Позже стали уже специально срубать деревья для укладки примитивных мостов. Их делали из распиленных бревен или из больших плоских камней, брошенных в воду. Это были предшественники современных мостов из железобетона, которые то перекидывают скоростные автодороги через глубокие долины, то элегантно парят над реками и проливами в виде висячих мостов с большими пролетами.



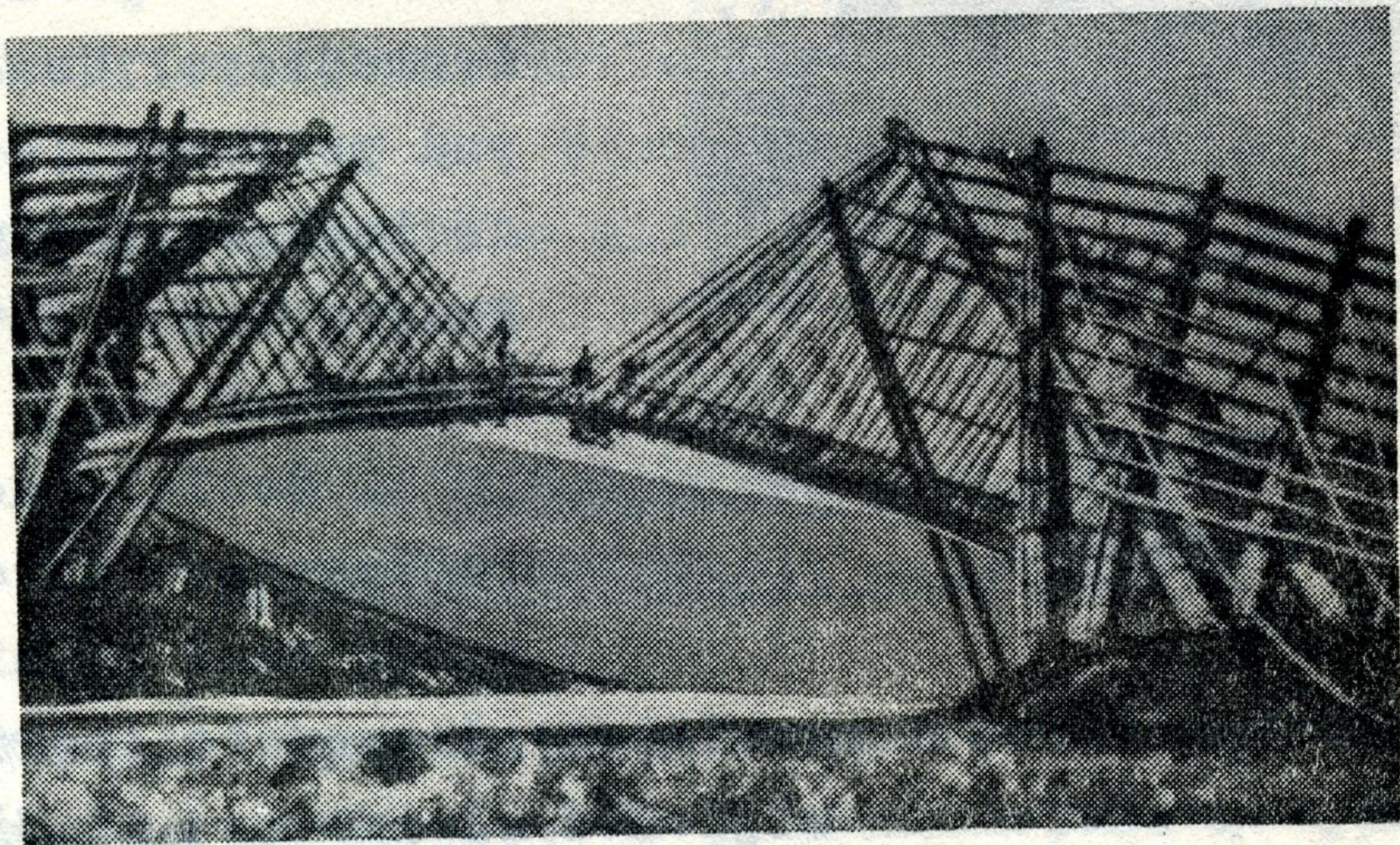


## Каменный мост

Тарр Степс в графстве Сомерсет в Великобритании рассказывает нам о том, как преодолевали препятствия наши далекие предки за тысячу лет до н.э.







Мост через реку сближает противоположные берега и живущих на них людей. Этот символ единения глубоко укоренился в нашем сознании и в языке. Мы говорим «наводить мосты», имея в виду, наладить отношения, подружиться; или, наоборот, — «сжечь за собой мосты», то есть исключить любую возможность отступить, изменить свое решение.



*В христианстве есть представление о радуге как о мосте между небом и людьми, на вершине которого как высший судия восседает Иисус Христос.*

О происхождении слова «мост» в славянских языках ученые лингвисты до сих пор не пришли к согласию. Однако оно живет во всех современных славянских языках, имея множество производных. В русском языке это мостовая, помост, мостить, примоститься... Многие города и поселки называются Мостами и Замостьями. Это слово проникло даже в язык автомобилестроения (задний и передний мост у автомобиля) или, скажем, в язык зубных врачей (здесь мостом называется зубной протез).

В исламе и многих религиях Востока важную роль играет мост в загробный мир, по форме напоминающий Млечный Путь или дугу, которую описывают Солнце и звезды, двигаясь по небосводу от точки восхода до точки заката. Умерший, чтобы попасть в загробное царство, должен пройти по такому узкому длинному мосту, но удастся это только добрым людям, злые же падают в бездну.



Древние германцы считали, что радуга — дорога на небо, предназначенная для избранных людей и богов. И в христианстве есть представление о радуге как о мосте между Богом и человеком; в средневековых изображениях Христос предстает как верховный судья, восседающий на радуге. Глава католической церкви папа Римский носит еще и титул «понтифик максимус», что значит «великий строитель мостов» и указывает на его роль посредника между Небом и Землей, а время его правления называется «понтификат». Этот титул появился еще в Древнем Риме, когда верховный жрец одновременно служил в храме и надзирал за мостами. То есть уже в древности на мосты смотрели и как на священный символ.



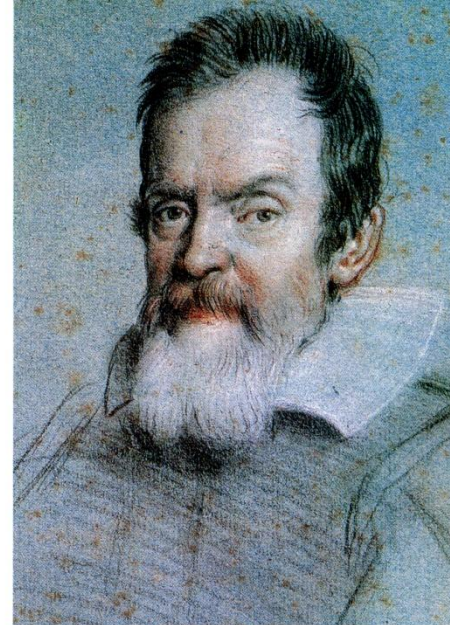
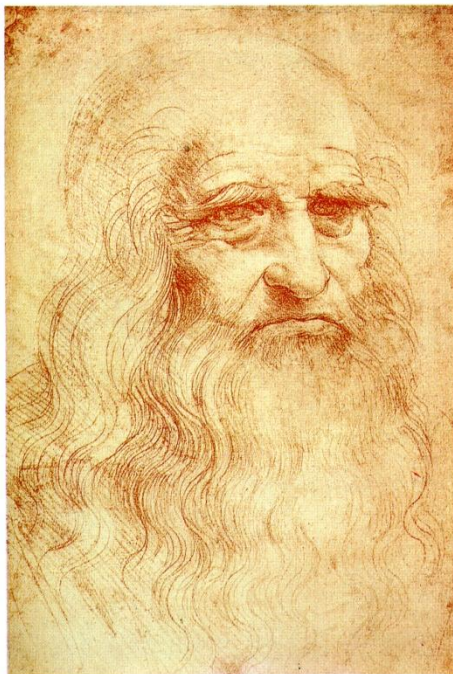
*Мост как точка притяжения сверхъестественных сил: папа Римский и дьявол протягивают над ним друг другу руки.*

показался его современникам слишком смелым; сегодняшние расчеты доказывают, что Леонардо вполне мог бы осуществить свой проект с помощью тогдашних технических средств.

Однако ученый хранил результаты своих опытов в тайне, так что они не принесли никакой пользы другим строителям мостов. Лишь спустя несколько десятилетий Галилео Галилей (1564 — 1642) обосновал законы механики. Он был первым, кто попытался рассчитать силы, действующие на архитектурные сооружения, и возникающие вследствие этого напряжения. Позже ученые работали над его трудами и усовершенствовали его методы, но работа эта по сей день не завершена.

Одним из самых красивых мостов остается мост Санта Тринити во Флоренции, сооруженный в 1567 г. В нем инженер и художник

*Леонардо да Винчи хотел перекинуть гигантский мост через бухту Золотой Рог в Константинополе.*



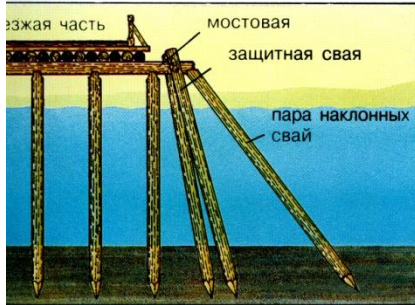
*Галилео Галилей первым попытался рассчитать силы, действующие в строительной конструкции.*

Бартоломео Амманати (1511 — 1592), один из лучших учеников Микеланджело, впервые осуществил строительство арки с так называемым коробчатым сводом, то есть с особо пологими сводами: это уже не часть круга, а соединение нескольких дуг разных радиусов.

Амманати уже знал, что такие плоские своды не только давят на фундамент по вертикали, но создают и значительные боковые нагрузки. Это горизонтальное давление (распор) он сумел погасить с помощью массивных устоев, на которые опираются концы пролетов. Однако оставалось немало задач, которые он не смог решить заранее, опытным путем. Поэтому строительство стоило Амманати многих бессонных ночей и тревожных минут при первых испытаниях моста.

В Германии строительство мостов в конце средних веков практически полностью замерло; страна была охвачена волнениями из-за Реформации и ее последствий,

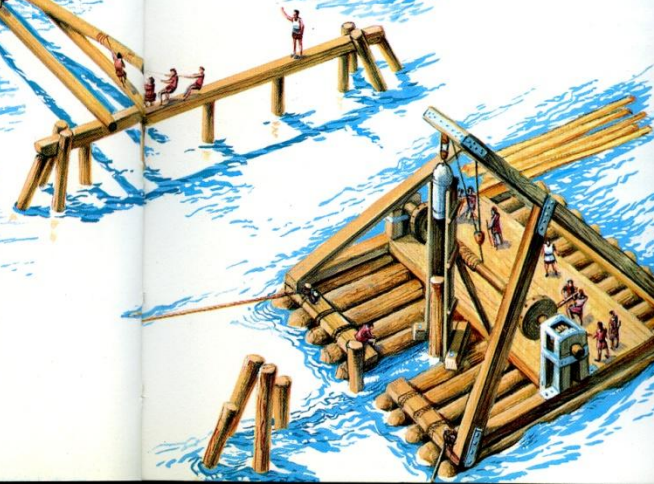
По-немецки «мост» — Brücke («брюкке»). Считается, что это слово близко по своему происхождению к немецкому слову «Prügel» («прюгель»), что значит «дубина», «деревянная палка». Связь этих слов напоминает нам о тех далеких временах, когда древние германцы строили из бревен и сучьев специальные настилы, или мостки, чтобы по ним перемещаться по топким местам и болотам. Мосты же из дерева и камня начали сооружать в Центральной Европе римляне. Они называли свои сооружения латинским словом «pons», а от него произошли французское «pont» и итальянское «ponte».



данеллы). Налетевший внезапно ураган разметал корабли и разрушил почти готовый мост. Разгневанный Ксеркс приказал обезглавить строителей и наказан море — высечь его! Был построен второй мост из 700 кораблей, связанных канатами и поставленных на тяжелые якоря. Проезжая часть была из брусьев, покрыта утрамбованной землей, и с барьером по бокам, чтобы пугливые лошади не свалились в воду. Предполагают, что по этому мосту переправилось огромное войско — 700 000 конных и пеших воинов, но, не смотря на это, Ксеркс все же потерпел поражение в сражении с греками.

Многие военачальники использовали мосты, укрепленные на кораблях или понтонах — простых плавающих ящиках, чтобы быстро переправить большое войско через водную преграду. Карфагенский полководец Ганнибал пересек таким образом Рону, Александр Македонский — азиатскую реку Оксу, а римский император Калигула приказал навести понтонный мост в Неаполитанском заливе только чтобы похвастать, что он-де «про скакал на коне по морю».

*Этот технический шедевр — 400-метровый деревянный мост через Рейн — римские легионеры построили по приказу Цезаря в 55 г. до н. э. всего за десять дней.*



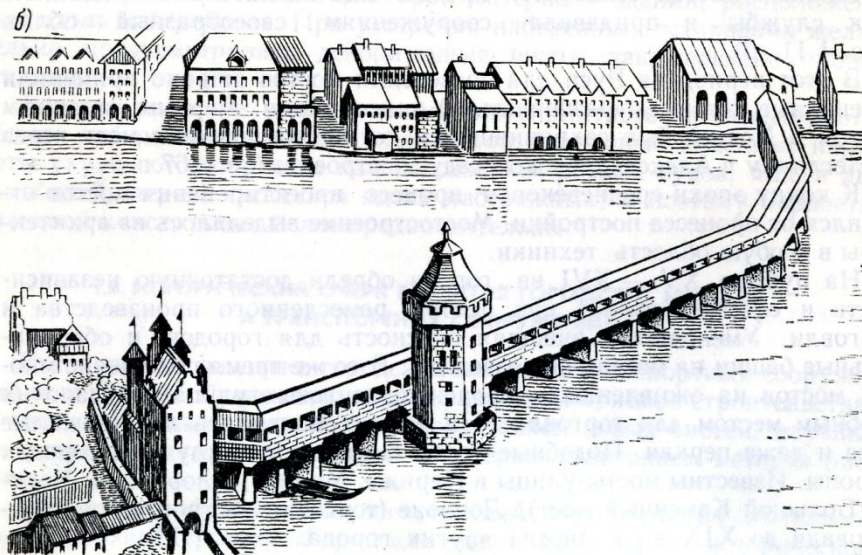
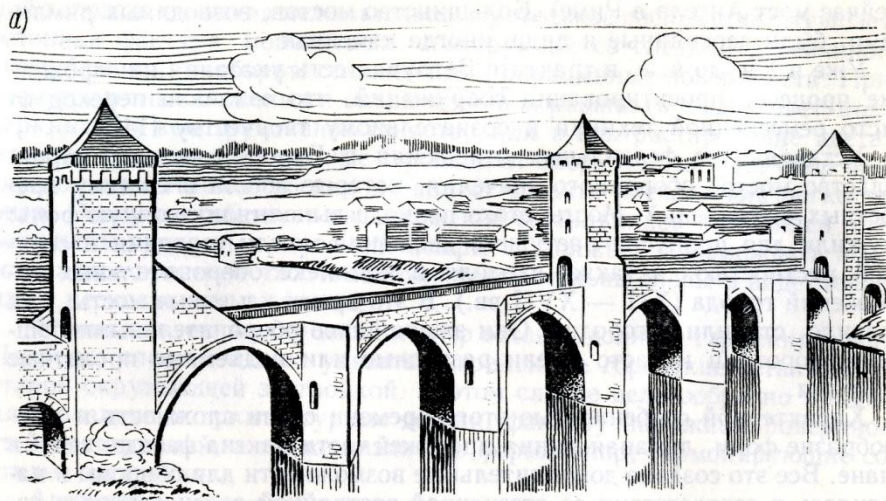


Рис. 1.11. Мосты эпохи средневековья:  
а — мост в Кагоре (XIV в.); б — в Люцерне (1333 г.)

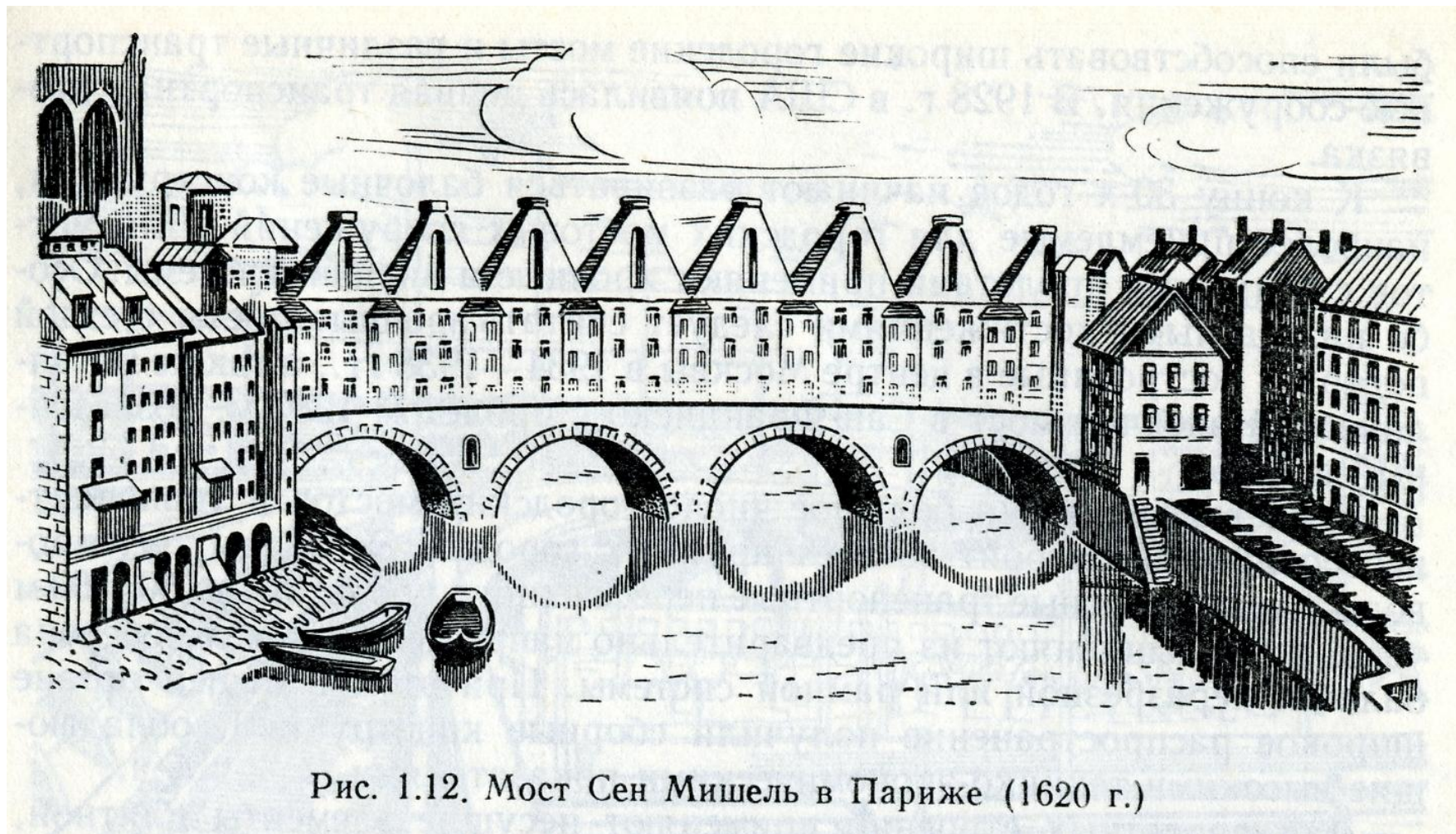


Рис. 1.12. Мост Сен Мишель в Париже (1620 г.)



Акведук Пон-дю-Гар  
снабжал водой  
римский город Немаус  
(современный Ним)  
на юге Франции.



Традиционный арочный мост не может «осилить» такую высоту. Однако римляне нашли простое решение: они соорудили один над другим три ряда арочных мостов — аркад. В нижнем ряду 6 арок разной высоты (самая высокая 22 м) и разных пролетов: 24,5 м, 19,5 м и 15,5 м. Нижний ряд держит на себе средний ряд высотой 19,5 м, в нем 11 арок тех же пролетов, что в нижнем, и уже на нем расположен верхний ряд высотой 7 м; в нем 35 одинаковых арок, каждая пролетом около 4,5 м. На последних и уложен водопровод. Только для арок было использовано более 4300 точно вытесанных клинчатых камней; самые тяжелые из них весят до 6 т.

*Карлов мост в Праге через р. Влтаву. Он был возведен в 1357 г., после того как первый каменный мост, построенный еще в 1172 г., обрушился.*

Многие из римских мостов разрушались и гибли во время войн. Когда император Карл Великий попытался около 800 г. возродить сеть римских дорог, путешественникам приходилось довольствоваться главным образом бродами, паромами и считанными понтонными мостами. Время было тревожное, а народ беден. Средств на крупные сооружения не хватало, и строительство мостов замерло почти на целых восемь столетий.

В XII в. наступили новые времена. Стала развиваться торговля, росли города. Начались перемены в сельском хозяйстве:



Однако местные жители были людьми практичными: для прохода судов они построили небольшой обводной канал, а искусственно созданный усиленный напор воды использовали для вращения колес водяных мельниц, установленных между несколькими арками моста.

Мост укрепил положение Регенсбурга как торгового центра. Благодаря удобной переправе через Дунай сюда потянулось больше купцов, чем когда-либо прежде. С трех высоких сторожевых башен и нескольких караульных вышек наблюдали за тем, чтобы мостом не мог воспользоваться враг.

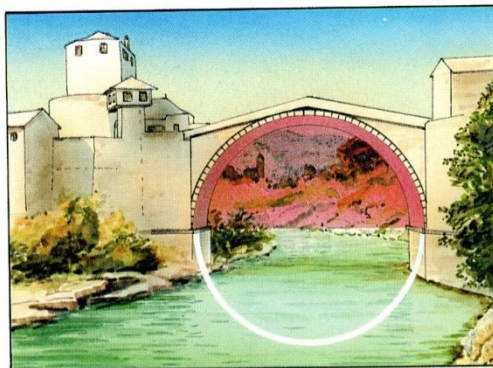
Сам мост был провозглашен «священным убежищем». Если кто-то затевал на нем ссору, палач в наказание мог отсечь виновному руку. На других мостах прямо под открытым небом заседали суды: если выносился смертный приговор, то преступника, закованного в кандалы, просто сбрасали в воду.



*На Мосту лавочников (Крэммербрюкке) в Эрфурте через р. Геру, плотно прилегая друг к другу, стоят фахверковые дома. Такие застроенные мосты раньше не были редкостью. Понте-Веккио — мост через р. Арно во Флоренции — с его магазинчиками ювелирных изделий и украшений привлекает туристов со всего света.*



В средневековых городах было очень тесно, кольцо городских стен не позволяло им разрастаться. Поэтому жители охотно использовали дополнительную площадь на мостах для строительства жилых домов и лавок. Знаменитый Лондонский мост через Темзу, возведенный в 1209 г., уже к XIV в. представлял собой своеобразный городской квартал с пятиэтажными домами. В Париже на Мосту менял обосновались банкиры, менявшие деньги. Сегодня в Европе осталось лишь несколько застроенных мостов. Это мост Понте-Веккио во Флоренции с ювелирными магазинами. В Германии особенно известен Мост лавочников (Крэмербрюкке) в Эрфурте, построенный в 1325 г. через р. Геру. На нем по обеим сторонам плотно стоят 34 искусно реставрированных двух- и трехэтажных фахверковых\* дома, можно даже не заметить, что находишься на мосту.



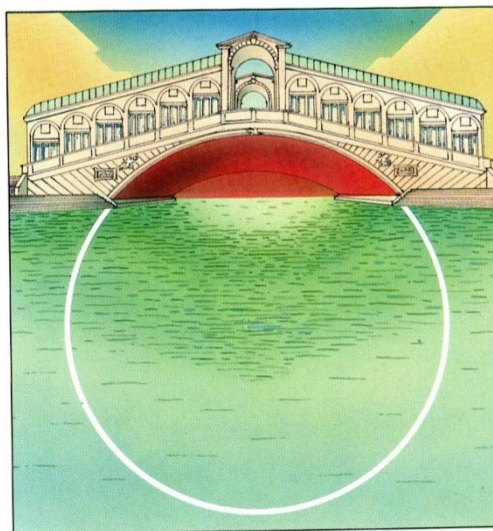
*Полуциркулярные своды Римского моста в г. Мостар (Босния и Герцеговина) кажутся громоздкими по сравнению с более пологими сводами моста Риальто в Венеции.*

Средневековые мастера, следуя римским образцам, использовали полуциркулярные арки, то есть в пол-окружности. Если требовалось достичь большой высоты пролета, они ставили под арки высокие вертикальные опоры. Такие мосты на профессиональном языке называются виадуками. В позднем средневековье отдельные гениальные строители стали возводить мосты с более пологими сводами. Такие арки называются сегментными, поскольку они образуют своим сводом уже не полукруг, а примерно одну восьмью круга. При этом они выглядят весьма элегантно. Примером может служить мост в Авиньоне, который был освящен в 1188 г.;

**Когда строительство мостов стало наукой?**

Средневековые мастера, следуя римским образцам, использовали полуциркулярные арки, то есть в пол-окружности. Если требовалось достичь большой высоты пролета, они ставили под арки высокие вертикальные опоры. Такие мосты на профессиональном языке называются виадуками. В позднем средневековье отдельные гениальные строители стали возводить мосты с более пологими сводами. Такие арки называются сегментными, поскольку они образуют своим сводом уже не полукруг, а примерно одну восьмью круга.

\* Немецкое слово «фахверк» означает старинный тип конструкции дома, когда сперва ставился каркас из бревен, а потом промежутки между ними в стенах закладывались кирпичом, так что бревна оставались видны снаружи.



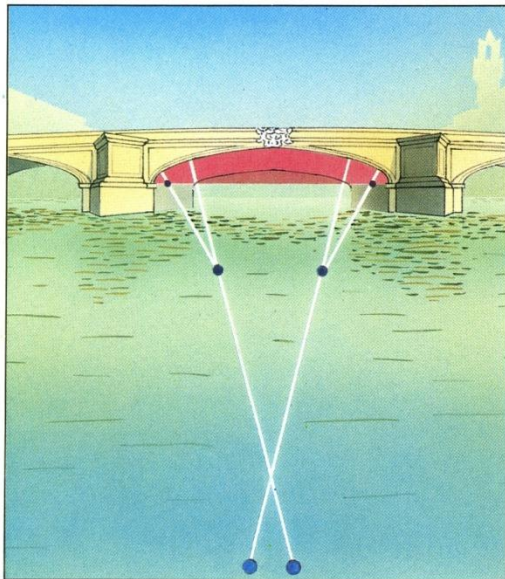
его протяженность составляла 900 м. Тогда он стоял на 22 арках с поразительно большими пролетами — 33 м каждый. Сегодня из них сохранилось лишь четыре, остальные разрушились из-за ледоходов и войн.

Средневековые мастера могли полагаться лишь на собственный опыт и потому предпочитали следовать многократно испытанным образцам. Только в эпоху Возрождения возникает строительство



От Авиньонского моста сохранилось лишь четыре арочных пролета. На заднем плане — папский дворец.

Элегантные коробчатые арки моста Санта Тринити во Флоренции сконструированы по шести центральным точкам.



мостов на научной основе. Ученые исследовали традиции арабов, греков и римлян, дополняли их опыт собственными экспериментами.

Так, архитектор Леон Батиста Альберти (1404 — 1472), взяв за основу трактат древнеримского зодчего и инженера Витрувия, собрал и опубликовал описания архитектурных сооружений своего времени, сформулировал основные правила строительства, определив соотношения между длиной пролета моста, высотой арки и шириной опоры в сравнении с шириной свода и другими характеристиками моста. Гениальный художник и ученый Леонардо да Винчи (1452 — 1519) изучал при помощи деревянных желобков со стеклянными стенками образование водоворотов и их воздействие на мостовые опоры. Он даже делал расчеты для моста через бухту Золотой Рог на Босфоре, который смог бы одной мощной сегментной аркой пролетом 250 м соединить Константинополь с городом Пера на другом берегу бухты (сегодня оба эти города входят в Стамбул). К сожалению, этот замысел



*Мясной мост в Нюрнберге (Фляйшбрюкке; закончен в 1602 г.) — один из самых красивых мостов эпохи Возрождения в Германии. Образцом для него, вероятно, послужил мост Риальто в Венеции (справа), пролегающий через Большой канал и опирающийся на 10 000 деревянных свай, закрепленных в мягком грунте.*

а тут еще разразилась Тридцатилетняя война (1618 — 1648). Поэтому от той эпохи Германии досталось совсем немного мостов. Пожалуй, самым красивым из них можно назвать Мясной мост в Нюрнберге (Фляйшбрюкке). Он напоминает знаменитый мост Риальто в Венеции — вероятно, это следствие тесных торговых связей между этими городами.

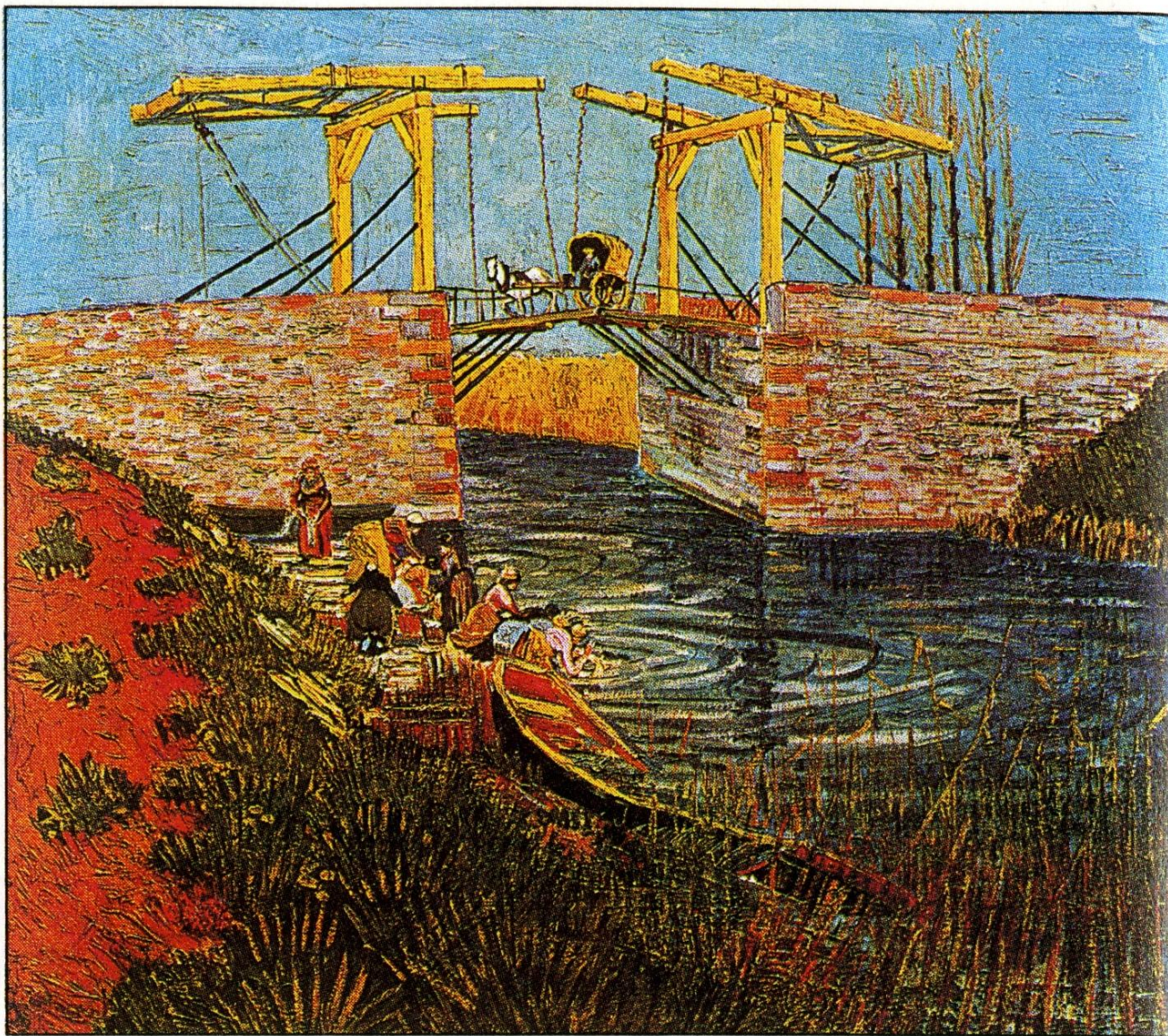
Лишь в начале XVIII в. возобновилось активное строительство мостов. В эпоху барокко создавались не только прекрасные замки и соборы, но и такие произведения искусства, как воздвигнутый в 1788 г. мост через Неккар в Гейдельберге и множество романтических маленьких мостов в долинах рек Таубер, Кохер и Ягст. По типу постройки они походят на итальянские мосты эпохи Возрождения, однако опоры подняты до самой проезжей части и образуют небольшие часовенки. Обычно тут нахо-

нако Непомук, несмотря на угрозы, сохранил тайну исповеди. Тогда король приказал сбросить его во Влтаву с моста. В 1721 г. Непомук был причислен к лику святых, и с тех пор он один из самых почитаемых святых — покровителей мостов.

В последующие годы строительство мостов велось по тем же законам, которые были открыты учеными эпохи

*В эпоху барокко многие мосты украшались статуями святых — покровителей мостов. На снимке — Карлов мост в Праге.*





На одном из всемирно известных полотен  
Винсента Ван Гога запечатлен мост в Арле,  
на юге Франции.

