

## ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

УДК 622.256.7

### БЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАШИХ ДНЕЙ

### CONCRETE IN CONSTRUCTION - FROM ANCIENT TIMES TO OUR DAYS

**Масаев Юрий Алексеевич<sup>1</sup>,**

кандидат техн. наук, профессор, e-mail: recess@bk.ru

**Masaev Yuriy A., C. Sc. (Engineering), Professor**

**Политов Александр Петрович<sup>1</sup>,**

кандидат. техн. наук, профессор, e-mail: politov@mail.ru

**Politov Aleksandr P., C. Sc. (Engineering), Professor**

**Масаев Владислав Юрьевич<sup>2</sup>,**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: recess@bk.ru

**Masaev Vladislav Y., C. Sc. (Engineering), Associate professor**

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup>Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (Кемеровский университет), 650992, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39

<sup>2</sup>Plekhanov Russian University of Economics (Kemerovo University), 39, pr. Kuznetsky, Kemerovo, 650992, Russian Federation

**Аннотация.** Рассмотрены основные этапы развития строительной технологии с применением вяжущих добавок, и, в частности, бетона берущего начало с 3600 г. до н.э. Приведены примеры грандиозных сооружений древности с применением бетона, изобретения цемента векфильдским каменщиком Аспдином в 1824 г. и дальнейшее его совершенствование, а также изобретения первых конструкций механизмов – бетоньерок для приготовления бетонных смесей. Представлены сведения о начале применения бетонных смесей в горнодобывающей промышленности.

**Abstract.** The study reviews the basic stages of development of construction technology using binding agents, and, in particular, concrete the usage of which dates back to 3600 BC. The examples are given of the use of concrete in grandiose structures of antiquity, the invention of cement by stone mason Aspdinom in 1824 and its further improvement, as well as the invention of the first construction mechanisms- “concrete mixers” for the preparation of concrete mixtures. The information is given about the early use of concrete mixtures in the mining industry.

**Ключевые слова:** бетон; бетономешалка; цемент; соорудать; порода; горнодобывающая промышленность; трещина; крепить.

**Keywords:** concrete; concrete mixer; cement; erect; rock; mining industry; support.

Бетон (франц. Beton, от лат. bitumen – горная смола, асфальт) как строительный материал начала применять в глубокой древности. По свидетельству Плиния, в 3600 г. до н. э. из бетона была построена галерея египетского лабиринта и пирамида Нимуса, а также одна из величайших египетских пирамид Хеопса, высотой 140 метров и шириной у основания 233 метра [1]. Карфагеняне тоже пользовались бетоном, состоящим из мраморного щебня и известкового раствора, при постройке Арагосского акведука. Значительная часть Великой китайской стены, строительство

которой было начато еще в III в. до н. э., также построена из бетона.

Во времена владычества Римской империи бетон применялся особенно широко и разнообразно в грандиозных сооружениях, как в самом Риме, так и в покоренных странах (Франции, Испании и др.), и они впервые применили бетон в подводных сооружениях при строительстве мола близ Неаполя. Но наиболее знаменательным примером творчества римлян служит сооруженный около начала новой эры храм Пантеона, в котором куполообразное перекрытие из бетона составляло

диаметром 42,7 метра. В последующие годы все способы применения бетона были забыты и лишь в XIX в. началось постепенное возрождение сооружений из бетона. До сих пор в качестве вяжущего составляющего в составе бетона применялись различные тонко измельченные породы, в том числе и глинистые, но для строительных целей преимущество имели лишь известковые растворы (смесь гашеной извести с песком).

В особых случаях применялась, так называемая гидравлическая известь, добываемая из доломитовых известняков, содержащих кремнистые соединения, и она значительно превосходила естественную известь по качеству и крепости раствора, твердеющего как на воздухе, так и под водой. В этот период и появилось название такого вяжущего вещества – цемент. Цемент (нем. Zement, лат. Saementum – битый камень) – обобщенное название большой группы минеральных порошкообразных вяжущих материалов, которые при смешивании с водой твердеют, образуя камнеобразную массу [2].

му камню Портланда. В России, в эти же годы, Егор Челиев изготовил так называемый силикатный цемент и опубликовал свои записки по опыту изготовления и применения этого цемента. А первый научный труд по цементам был опубликован Гудвином в 1836 году.

Монополистом в производстве портландцемента долгое время являлась Англия, но затем в 1855 г. был построен портландцементный завод в Германии, в 1863 г. построен российский завод в Польше – в местечке Гродвице. К 1913 г. мировое производство портландцемента достигло 250 млн бочек (единице измерения того времени), а к 1929 г. – 450 млн. бочек. В СССР к 1933 г. было построено 17 новых заводов и реконструировано 16, а общий объем производства достиг 25 млн. бочек.

С течением времени составы цементов претерпевали изменения и появились такие цементы, как:

– пуццолановый цемент – продукт, получаемый путем совместного перемола портландце-

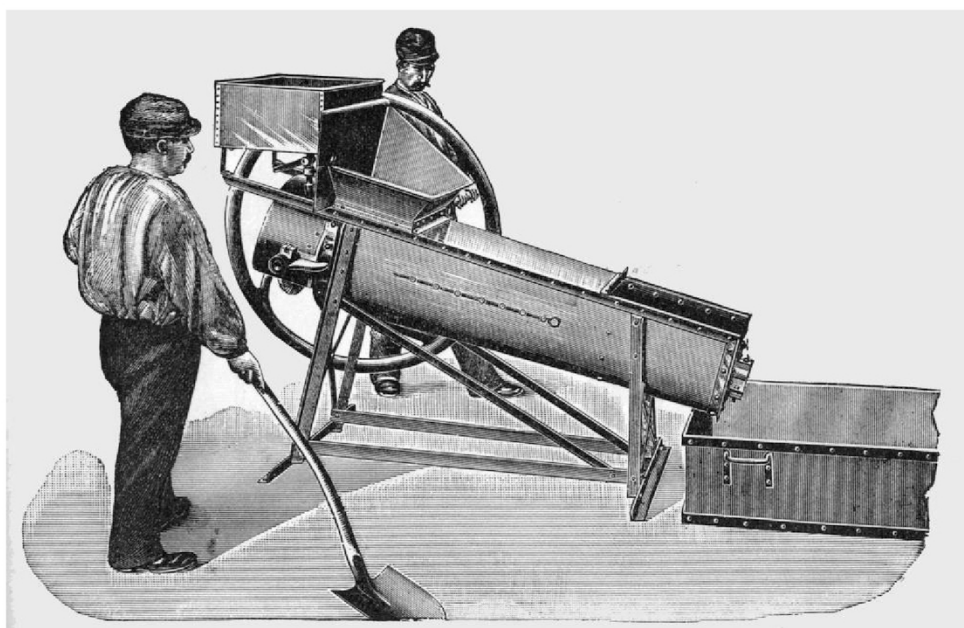


Рис. 1. Машина завода Гауэ для приготовления раствора с наклонным корытом

Изобретателем приготовления цемента с использованием искусственно приготовленной гидравлической извести является простой векфильдский каменщик Аспдин, который в 1824 г. изготовил первый цемент, так называемый “романский цемент” [3]. Но первые попытки изготовления такого цемента были неудачными, так как после затвердевания через некоторое время он пучился и трескался. Лишь через несколько лет в Англии был получен патент на изготовление более совершенного гидравлического цемента, который назывался портландским, поскольку по цветовому оттенку он подходил к природному строительно-

ментного клинкера (клинкер – обжиг продукта до стадии спекания) и кислой гидравлической добавки (пуццолан, трасс, диатом, сиштоф и др.) в количестве более 10 %. Такой цемент хорошо противостоит разрушающему действию морской воды и обладает высокой прочностью, но он медленно твердеет, что является существенным недостатком, так как удлиняются сроки строительства.

– шлакопортландцемент, это продукт, получаемый путем совместного перемола портландцементного клинкера и гранулированного основного доменного шлака (до 85 %). Недостатки и область применения его такие же, как и у пуццоланового

цемента.

– шлаковый бесклинкерный цемент – область применения такая же, как и у портландцемента, кроме подводных сооружений.

– роман-цемент – продукт тонкого перемола обожженных при температуре, не доводящей материал до спекания, естественных известняков, магнезиальных мергелей или доломитов с глинистыми добавками. Его химический состав включает:  $\text{SiO}_2$  – 15–28 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5–10,3 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,0–5 %;  $\text{CaO}$  – 33,5–49,5 %;  $\text{MgO}$  – 1,2–2,0 %. Этот цемент схватывается очень быстро, но по своим техническим качествам значительно усту-

пает портландцементу.

– глинистый или бокситовый цемент (впервые стали вырабатывать во Франции в 1908 г.) – это продукт тонкого перемола смесей материалов, богатых глиноземом (боксит с известью или известняком), получаемый сильным обжигом – до сплавления. При температуре около 1400 °С, с последующим измельчением в тонкий порошок. Химический состав глиноземистого цемента следующий:  $\text{CaO}$  – 35–45 %;  $\text{SiO}_2$  – 5–10 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 35–50 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5–15 %. Цемент очень хорошо противостоит морской воде и сернокислым водам, разрушающим портландцементные растворы, по-

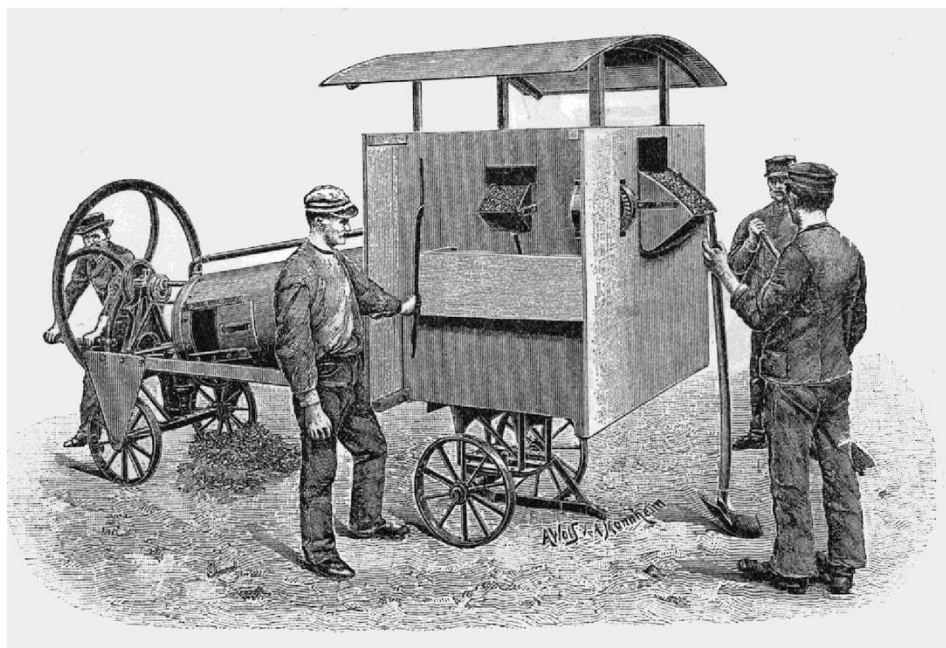


Рис. 2. Бетоньерка завода Гауэ, Гоккель и К<sup>о</sup> в Оберланитейне

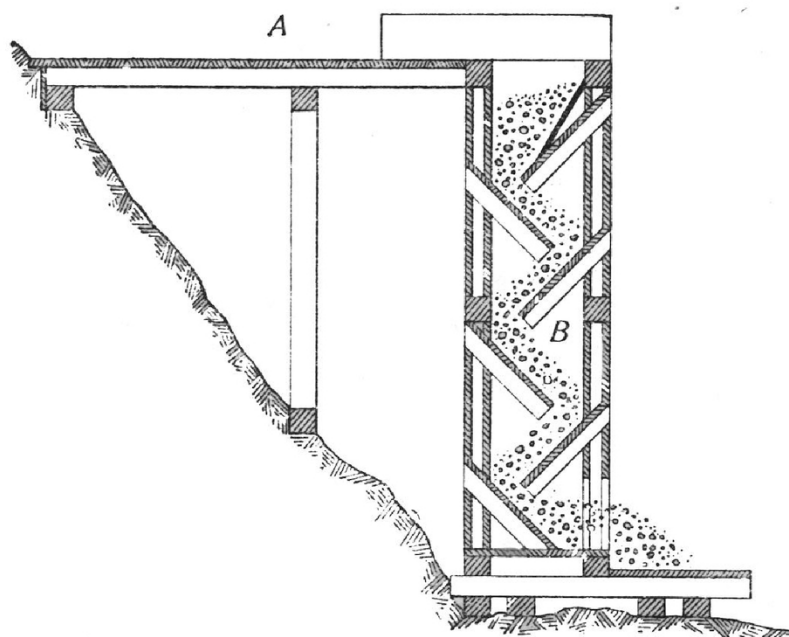


Рис. 3. Бетоньерка Кранца: А – платформа; В – труба с полками

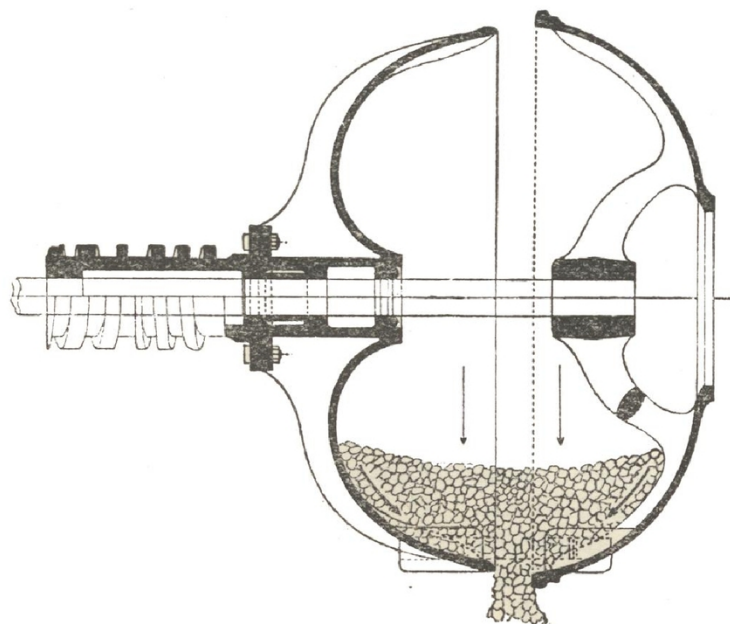


Рис. 4. Бетоньерка Эби

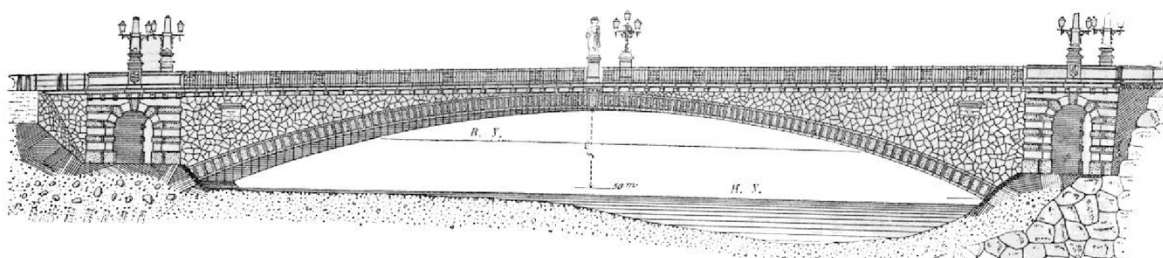


Рис. 5. Мост через Дунай в Мундеркингене (Вюртемберг), построен Лейббрандом

этому он сразу же нашел применение на нефтяных промыслах в качестве тампонажного цемента, для устройства мостовых опор, метрополитенов, различных морских сооружений.

С изобретением цемента расширилась область применения бетона, но очень трудоемкой была операция приготовления бетона. Утомительным и трудоемким являлся процесс перемешивания раствора для получения однородной смеси, что вызывало необходимость изобретения соответствующих машин. И первая такая машина появилась в Германии на заводе Гауэ (рис. 1).

Такая машина легко приводилась в действие одним человеком путем вращения большого штурвала, но ее сложно было перемещать с места на место. И вскоре появилась другая машина – бетономешалка, так называемая «бетоньерка» (рис. 2).

Эта машина была изготовлена для ручного или приводного действия и смонтирована на колесном ходу, что давало возможность оперативно перемещать ее и использовать в различных местах.

При приготовлении бетона очень важным является обеспечение качественного смешивания

составных частей и для этой цели была изобретена бетоньерка Кранца (рис. 3), состоящая из платформы и вертикальной трубы, имеющей внутри наклонно расположенные полки. Составные части бетона (в смеси) подаются по платформе и высыпаяются

в трубу, падая сверху и скатываясь по полкам происходит их эффективное перемешивание и выходя из трубы внизу, смесь имеет достаточно однородный состав. Такие бетоньерки разделялись на два вида – с однократным падением, но с большой высоты и с многократным падением, но с малой высоты.

Несколько позже появилась более совершенная бетоньерка – бетоньерка Эби (рис. 4), в которой была применена вращающаяся емкость, внутри которой имелись перегородки или лопасти, благодаря которым засыпанная смесь тщательно перемешивалась. Такие бетоньерки нашли широкое применение и явились прототипом современных бетономешалок.

Во второй половине XIX в. бетон получил широкое распространение во многих странах. И это послужило толчком для строительства заводов по приготовлению бетона и продажи его по-

требителям. Одним из уникальных сооружений служит построенный в 1893 г. бетонный мост через Дунай в Мундеркингене, толщина его арки в замке при пролетах 50 метров составляла всего один метр (рис. 5).

Не менее уникальный бетонный железнодорожный мост (виадук) – «Широкий Лог» был построен и в России (рис. 6).

Мост был построен на 594-й версте линии Казань-Свердловск, с возведением строительных лесов и опалубки, состоял из 11 пролетов по 34,1 метр, а высота его составляла 30 метров.

Несмотря на широкое применение бетона в строительном производстве, существенным недостатком его оставалась слабая устойчивость к растягивающим нагрузкам.

И на смену появляется железобетон. Точную дату и автора изобретения железобетона установить сложно, в публикациях различных авторов приводятся противоречивые сведения. Но многие склоняются к тому, что впервые, в 1861 г., прими-

лезобетонные изделия. Но в то же время, еще в 1855 и 1860 гг. Ламбо (Lambot) и Коанье (Coagnet) уже проводили первые опыты по введению в бетон железа для повышения его прочности. А в России первые опыты по применению железобетона были осуществлены в 1891 г.

С началом применения железобетона в строительстве сразу же были отмечены его основные достоинства: прочность; жесткость; малый расход материалов; применимость к сложным формообразованиям; огнестойкость; долговечность; гигиенические качества. Широкое применение железобетон нашел в архитектурном строительстве и первая такая постройка из железобетона появилась в 1902 г. – доходный дом в Париже (архитектор О. Перре).

В начале XX в. получило развитие железобетонное судостроение (плавучие доки, паромы, дебаркадеры, плашкоуты, шаланды), общая грузоподъемность, выстроенных за этот период достигла 600000 т, а число единиц составляло более



Рис. 6. Бетонный железнодорожный мост (виадук) – «Широкий Лог», построенный в России

Таблица Железобетонные мосты, построенные в начале XX в.

№ п/п	Название мостов	Длина пролета, м	Подъем по отношению к пролету
1	Через Тибр в Риме (Италия)	100,0	1:10
2	У Лангвиза (Langwies) (Швейцария)	100,0	1:2,38
3	Через Миссисипи у Миннеаполиса (Minneapolis) (Северная Америка)	121,9	1:4,45
4	Через Сену у Сен-Пьера (St.Pierre) (Франция)	138,8	1:5,27
5	У Вальдштата (Waldstatt) (Швейцария)	105,0	1:2,92
6	У Бервика (Berwick) (Англия)	110,0	1:7,92
7	У Крюзей (Cruseilles) (Франция)	139,8	1:5,2
8	Через Менейский залив (Англия)	167,0	–
9	Через Элон (Elorn) у Бреста (Франция)	186,2	1:5

тивный железобетон начал применять французский садовник Жозеф Монье при изготовлении кадок для посадки цветов. Он изготавливал их из бетона, а внутрь размещал проволочную сетку и за счет этого при небольшом весе повышалась прочность таких изделий. И первый патент на эти изделия он получил в 1867 г., а в последующие годы Ж. Монье получал патенты и на другие же-

1000. Наибольшее из морских судов имело длину 126 метров, ширину 16 метров, высоту 11 метров при дедвейте 6380 т (deadweight – полная грузоподъемность судна с включением всех необходимых для плавания запасов (топлива, воды и т. п.), а также других грузов и людей). В СССР строительством железобетонных судов начали заниматься с 1925 г.

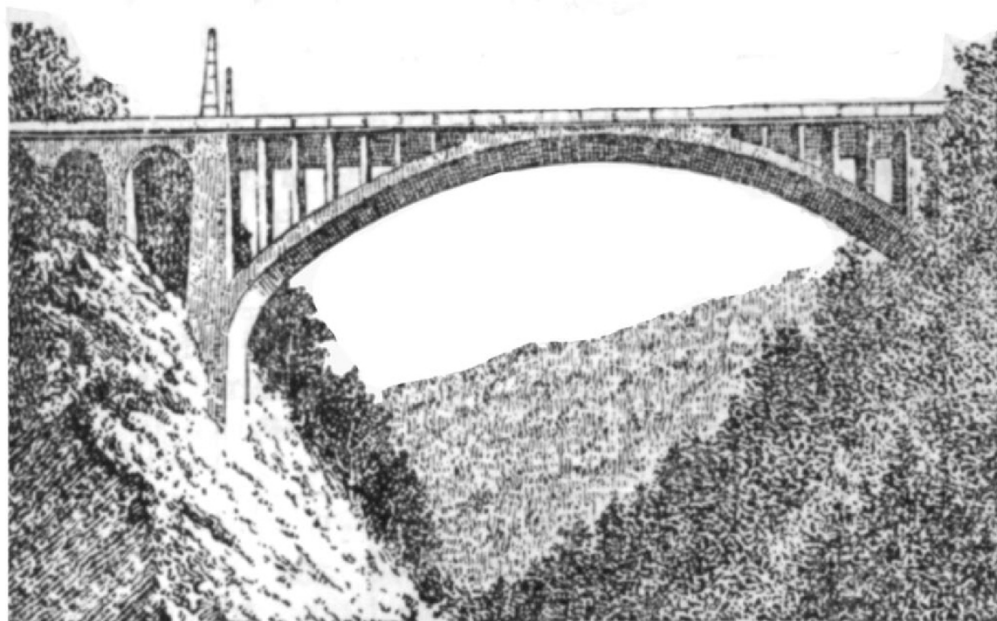


Рис. 7. Мост с железобетонными арочными перекрытиями под ездовым полотном

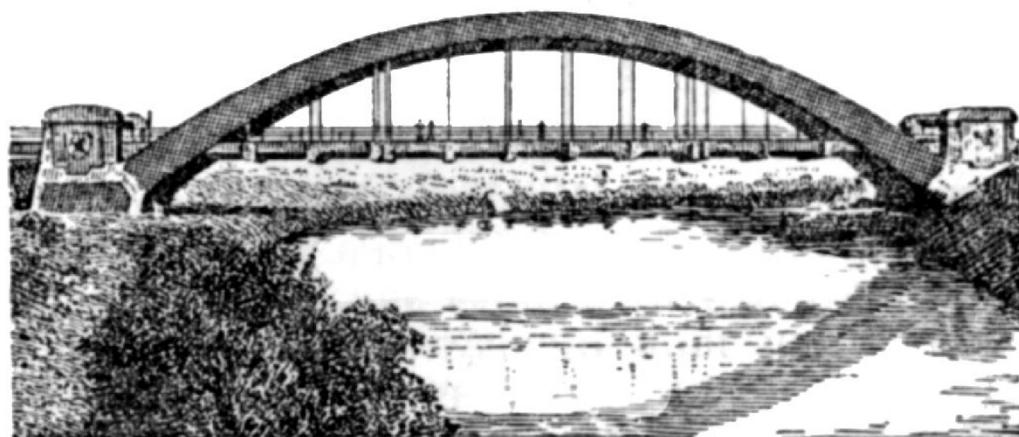


Рис. 8. Мост с железобетонными арочными перекрытиями над ездовым полотном

Не менее активно началось, в конце XIX в. и сооружение железобетонных мостов после изобретения Геннебиком системы армирования. Такие мосты по сравнению с деревянными и каменными более долговечны и позволили перекрывать большие пролеты арочными перекрытиями. При этом конструктивное исполнение было двух типов, когда арочное перекрытие располагалось под ездовым полотном (рис. 7) и когда арочное перекрытие располагалось над ездовым полотном (рис. 8).

Наиболее известные железобетонные мосты пролетами свыше 100 метров приведены в таблице.

Первый из этих мостов был сооружен в 1911 г., второй – в 1914 г., а остальные в период с 1923 по 1933 гг. Исходя из условий осуществимости Фрейсине считал возможным при дальнейшем развитии техники применение пролетов до 600 метров, а Лоссиер (Lossier) исходя из теоретических предпосылок считал пре-

дельным пролетом для железнодорожной арки 950 метров.

В горном деле, в частности, при сооружении горных выработок в подземных условиях, цементные растворы нашли применение в конце XIX в. В 1898 г. французский инженер Портье изобрел способ устранения притоков воды в горные выработки путем нагнетания цементного раствора в водоносные трещины в горных породах через специально пробуренные скважины. Этот способ получил название «цементация».

При строительстве шахт цементация производилась по двум схемам. По первой схеме, так называемой «немецкой», цементация производилась небольшими заходками – по 10–25 м, максимум 45 м, через скважины диаметром 35–45 мм из забоя горной выработки расходящимся конусом, ограничивающим зону проходки. По второй схеме, называемой «французской», скважины большого диаметра пробуривают вертикально, преимущественно с поверхности, и цементации под-

вергаются большие толщи водоносных пород. Такой способ цементации получил название «тампонажа».

В СССР способ цементации впервые был применен в 1926 г. в Донбассе на шахте «Красная звезда» Буденовского рудоуправления.

Применение бетона в качестве ограждающей крепи при сооружении подземных горных выработок также относится к началу XX в. Известно, что в 1910 г. горный инженер А. А. Скочинский предложил впервые методику испытания взрывчатых веществ на воспламеняемость смеси гризутина (метана) с воздухом, прежде, чем допускать использование взрывчатых веществ (ВВ), особенно вновь разработанных, в подземных условиях. Для этого, он предложил выработку, пройденную в крепких породах, закрепить монолитным бето-

ном, а в забойной части отгораживать пространство (10 м<sup>3</sup>) бумажной диафрагмой, создавать в этом пространстве метано-воздушную смесь (8–10 %) и взрывать в ней заряды ВВ.

В этом же 1910 г. Д. Л. Прентисс на съезде пользователей цементом в Нью-Йорке сделал сообщение о возможности создания бетонного покрытия без применения опалубки, так называемым набрызг-способом. А в 1914 г. он применил набрызгбетон для крепления горных выработок в подземных условиях. В России применили набрызгбетон впервые в 1914 г. В последующие годы и до наших дней бетон и железобетон находят широкое применение для крепления подземных горных выработок, как в угольных, так и в рудных шахтах в различных условиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая советская энциклопедия : в 65 т. Т 6 / гл. ред. О. Ю. Шмидт. – 1-е изд. – Москва : Акционерное общество «Советская энциклопедия», 1927. – 832 с.
2. Современный словарь иностранных слов. – Москва : «Русский язык», 1993. – 740 с.
3. Промышленность и техника. Энциклопедия промышленных знаний : в 10 т. Т. 1 : История и современная техника строительного искусства / сост.: П. Ровальд, И. Фаульвассер, Т. Шварце, Г. Шурц и Г. Эбе ; пер. с нем. В. В. Эвальда. – Санкт-Петербург : Типография товарищества «Просвещение», 1901. – 693 с.
4. Курехин, В. В. Зарождение горного дела и этапы его развития / В. В. Курехин, Ю. А. Масаев, В. В. Першин. – Кемерово : «Кузбассвузиздат», 2003. – 225 с.
5. Копытов, А. И. История развития горного дела / А. И. Копытов, Ю. А. Масаев, В. В. Першин. – Новосибирск : «Наука», 2009. – 510 с.

## REFERENCES

1. Great soviet encyclopedia: in 65 t. T 6 / hl. editor O. Yu. Schmidt. – 1-e edition – Moscow: Joint stock company «Sovetskaya entsiklopediya», 1927. – 832 p. (rus)
2. Modern dictionary of foreign words. – Moscow: «Russian language», 1993. – 740 p. (rus)
3. Industry and technology. Encyclopedia of industrial knowledge: in 10 t. T. 1: History and modern technology of building art / compilers: P. Roval'd, I. Faul'vasser, T. Schwartz, G. Schurz in G. Hebe; translated from the German V. V. Ewald. – St. Petersburg: Typography partnership «Education», 1901. – 693 p. (rus)
4. Kurehin, V. V. The emergence of mining and the stages of its development / V. V. Kurehin, Ju. A. Mashaev, V. V. Pershin. – Kemerovo: «Kuzbassvuzizdat», 2003. – 225 p. (rus)
5. Kopytov, A. I. History of development of mining / A. I. Kopytov, Ju. A. Mashaev, V. V. Pershin. – Novosibirsk: «Nauka», 2009. – 510 p. (rus)

Поступило в редакцию 02. 04.2017  
Received on 02 April 2017