

7. Davydov C.Y. Safety on the water and victim assistance / C.Y. Davydov. – M. : Sov. sport, 2007. – 67 С. (Rus.)
8. Leontiev O.K. Geomorphology sea coast / O.K. Leont'ev, L.G. Nikiforov, G.A. Safianov. – M. : MGU, 1975. – 336 p. (Rus.)
9. Management of the marine coastal zone of Ukraine. Problems of development, conceptual search / L.L. Kruglyakov [et al.]. – Odessa : Consulting, 1998. – 167 p. (Rus.)
10. Meuyell M. Encyclopedia first aid / M Meuyell. – SPb. : Diamant, 1995. – 688 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Кухарь
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 20.04.2015

УДК 628.4.477(37)

© Волошин В.С.¹, Бурко В.А.², Харабет В.В.³

ОТХОДЫ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ ДРЕВНЕГО РИМА

В статье показана природа отхоодообразования строительной индустрии Древнего Рима на примере строительства водопроводов, виадуков, дорог, культовых зданий и сооружений. Дана характеристика строительным материалам и количественная характеристика отходов. Приведены расчеты энергозатрат и существовавшие в Древнем Риме система организации труда. Показаны результаты расчетов теоретического минимума отхоодообразования с использованием известных методик. Построена диаграмма для расчета теоретического минимума отхоодообразования в строительных технологиях Древнего Рима.

Ключевые слова: отхоодообразование, строительство, энергозатраты, Древний Рим.

Волошин В.С., Бурко В.А., Харабет В.В. Відходи у будівельній індустрії Древнього Риму. У статті показана природа відходоутворення будівельної індустрії Древнього Риму на прикладі будівництва водопроводів, виадуків, доріг, культових будівель і споруд. Дана характеристика будівельним матеріалам і кількісна характеристика відходів. Приведені розрахунки енерговитрат та існуючі в Древньому Римі система організації праці. Показані результати розрахунків теоретичного мінімуму відходоутворення з використанням відомих методик. Побудована діаграма для розрахунку теоретичного мінімуму відходоутворення у будівельних технологіях Древнього Риму.

Ключові слова: відходоутворення, будівництво, енерговитрати, Древній Рим.

V.S. Voloshin, V.A. Burko, V.V. Harabet. Wastes in the building industry of Ancient Rome. In the article nature of formation of wastes in building industry of Ancient Rome is shown on the example of building of plumbings, viaducts, roads, cult building and buildings. Description of building materials quantitative description of wastes is given. Calculations of energy consumptions and existing system of labour organization in Ancient Rome are brought. The results of calculations of theoretical minimum of wastes' formation with the use of well-known methodologies are shown. A diagram for the calculation of theoretical minimum of wastes' formation in building technologies of Ancient Rome is built.

Keywords: formation of wastes, building, energy consumptions, Ancient Rome.

¹ д-р техн. наук, ректор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, burko@mariupol.org.ua

³ канд. пед. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Постановка проблеми. На заре возникновения европейской цивилизации антропогенное воздействие на природу было незначительным. Загрязнение окружающей среды вызывалось в большей степени естественными природными процессами. Рост численности населения привел к резкому росту образования бытовых и строительных отходов. Формирование философии отношения человека к отхождению отходов формировалось сотни лет назад и не меняется в настоящее время.

Анализ последних исследований и публикаций. Строительная индустрия Древнего Рима родилась не на пустом месте. Она имела традиции от Древней Греции, Египта, Месопотамии и др. Индустрия включала, в первую очередь, экономически необходимые объекты – водопроводы, виадуки, дороги, культовые здания и сооружения. При этом технологии зарождались не спонтанно, а были продуктом предыдущего опыта и эмпирики многих поколений.

Необходимость строительства систем водоснабжения у человечества вызвано, в первую очередь, неравномерностью и нерегулярностью выпадения осадков и расположения источников питьевой воды в местах заселения.

Идея создания водопроводов, без сомнения, связана с поливным земледелием, когда требовалось подавать воду на значительные расстояния. Со временем водопровод проник и в жилые дома. Самые первые сведения о строительстве систем водоснабжения получены из письменных источников Египта, Индии, Месопотамии, Пергама, Греции [1-5].

Например, в Месопотамии дождевой сезон продолжался два месяца, а остальное время царила засуха. Воду нужно было не только задерживать для полей, но и транспортировать для полива, для питья. В Урарту в VII в. до н. э. была построена система каналов для отвода воды самотеком из источников на довольно большие расстояния. Для этого в горах сооружали туннели, через реки возводили акведуки с уложенными поверху водоводами в виде труб.

Цель статьи – проанализировать структуру отхождению древних цивилизаций на примере Древнего Рима.

Изложение основного материала. В Древнем Риме первый водопровод длиной 16,5 км появился в 312 г. до н.э. Инициатором создания этого водного сооружения выступил цензор Аппий Клавдий. Созданию водопровода предшествовало строительство водосборных бассейнов в верховьях реки Тибр и в горах. Водопровод значительно облегчил водоснабжение жителей столицы, которые ранее пользовались речной, ключевой и дождевой водой, принося ее в свои дома в специальных сосудах и храня в больших емкостях. Рим стал самым обеспеченным водой городом в мире. На каждого горожанина ежедневно приходилось от 600 до 900 л воды. Водопроводы поставляли по 1,5 млн. м³ воды в день. Однако не вся вода расходовалась полезно. Из-за отсутствия водозапорной аппаратуры, вода лилась непрерывным самотеком. При этом выполнялась функция промывки канализационных стоков. Загрязненная вода без очистки сливалась в Тибр либо в море.

Позднее на стоках стали устанавливать первые фильтры для улавливания твердых взвесей и биологической массы. Их роль играли камышовые или соломенные фашины, укладываемые на дно стока, которые менялись каждую неделю. Поскольку частота смены фильтра ничем не регулировалась, чаще всего эти примитивные очистные сооружения забивались и выбрасывались в отходы.

Система водоснабжения, созданная в Риме, исправно работает и по сей день.

Водоснабжение Рима затруднялось из-за сильно пересеченной местности, так как город расположен на семи холмах, окруженных плоской территорией. До города вода перемещалась самотеком. При подходе водопровода к городу устраивались водонапорные башни, которые по принципу действия напоминали современные водонапорные сооружения. Далее водоснабжение осуществлялось с помощью водоводов, которые в пределах города располагались на акведуках – специальных сооружениях в виде мостов. Водовод проходил поверху акведука и представлял собой канал в виде желоба, выполненный из камня, кирпича или бетона. Его водопропускное русло имело ширину 1,37-1,68 м, а высоту 2,44-2,75 м. Из золотисто-коричневого известняка вытесывались блоки массой до 6 т, которые укладывались друг на друга без раствора, «насухо». Максимальная высота акведука 50 м, длина – 269 м. Предполагается, что внутренняя часть опор акведука сделана из римского бетона. Канал водовода сверху перекрывался каменными плитами во избежание засорения и испарения воды, а также воздействия на нее ультрафиолета солнечных лучей, из-за которых в воде начинается быстрый рост водорослей. Водовод мог

иметь прямоугольное сечение из камня, оштукатуренное внутри крупнозернистым раствором с добавлением пуццоланы. Впоследствии подобные сооружения изготавливались только из бетона и кирпича. Немецкие исследователи Р. Гамблах и Д. Грюн утверждают, что в качестве вяжущего вещества для бетона водовода использовалась не воздушная известь с добавкой трасса, как предполагалось до них, а сильногидравлическая известь, полученная из близлежащих месторождений известняка в районе Эйфеля. При этом в качестве гидравлической добавки использовалась кирпичная пыль. Римлянами были разработаны бетонные трубы, которые по оценкам современных специалистов могли выдерживать более высокие давления жидкости, чем керамические или свинцовые. Прототипом им служили трубы из естественного камня с выдолбленными в средней части отверстиями. Бетонные трубы снаружи имели квадратную форму с размером сторон 21 см, а внутренний диаметр труб составлял 6-8 см. Трубы изготавливались в виде отдельных звеньев длиной около 95 см и соединялись между собой «стык в стык» с последующей «зачеканкой» стыка раствором и бетоном.

В Риме таким образом было построено семь основных водоводов. Специальной системой труб источник воды соединялся с 247 водораспределительными сооружениями, разбросанными по всему городу. На каждый водопровод их приходилось от 14 до 92. От каждого распределителя к центрам потребления воды тянулись линии подземных труб, не сообщавшихся между собой. Единой замкнутой системы водоснабжения и водоочистки не существовало.

По территории всего города под мостовыми была построена водопроводная система из свинцовых труб. Размеры труб были строго стандартизированы и выпускались в специализированных мастерских. По свидетельству Витрувия, самая большая свинцовая труба имела длину окружности 100 дюймов (порядка 60 см в диаметре). Сведения об опасности свинца для здоровья были уже тогда. Но считалось, что со временем, из-за повышенной жесткости воды, стенки труб покрывались защитным слоем карбоната кальция, и это защищало людей от растворенного в воде свинца. История показала, что это не так.

Особый интерес в нашей тематике отводится Римским дорогам. Дороги прославили Древний Рим. Дороги – это торговые пути, пути сообщения, которые способствовали развитию Древнего Рима, его культуры и цивилизации. По ним перевозили награбленную в завоеванных странах добычу, перегоняли тысячи рабов. В начале II в. во времена Траяна существовало уже около 100 тыс. километров государственных дорог, преимущественно с твердым покрытием. Они были хорошо обустроены и содержались в отличном эксплуатационном состоянии (рис. 1). Считается, что до конца I в. до н. э. почти весь Итальянский полуостров был пересечен дорогами, ведущими в Рим. Таким образом, строительство дорог представляло собой хорошо налаженную государственную индустрию со своей сырьевой базой и своими отходами. И, в частности, следует обратить внимание на малую отходную часть этого типа строительства. Сегодня у нас мало информации о том, что дороги в Древнем Риме уже тогда были накопителями строительных отходов со всего полуострова. Возможно, что именно это послужило отправной точкой для развития дорожного строительства.

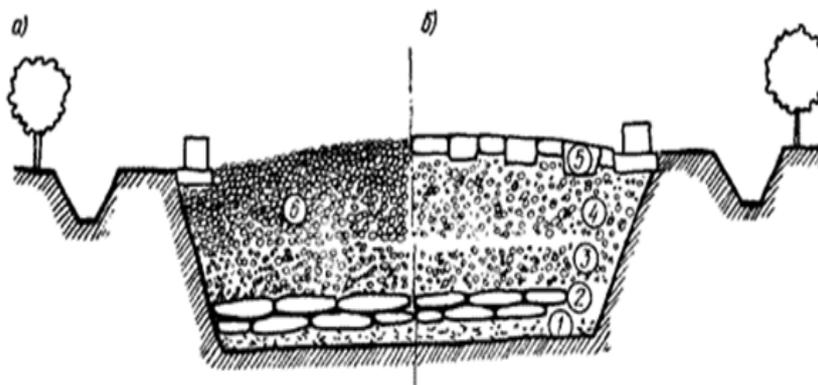


Рис. 1 – Профиль римской дороги с гравийным (а) и каменным (б) покрытием (Легер): 1 – подстилающий слой; 2 и 5 – каменные плиты; 3 и 4 – бетон; 6 – крупный гравий и песок

Представляет интерес перечни материалов, используемых для строительных работ в Древнем Риме и, особенно, перечень отходов, сопровождающих такие строительные работы (табл. 1).

Таблица 1

Строительные материалы и оценочные отходы в Древнем Риме

Вид сооружения или конструкция	Используемые материалы, процессы, способы обработки	Технические характеристики отхообразования
Гончарные трубы	Глина, вода, терракот, добавки кирпичного боя, дерево, огонь, замес, обжиг	Окислы кремния, глина пережженная, осколки гончарных труб
Свинцовые трубы	Свинец, глина, древесный уголь, огонь, нагрев, расплавление,	Шлак свинцовый, окислы кремния, пары свинца, сероводород
Каменные блоки просверленные	Цемент гидравлический, кирпичный бой, глина, железный скрепы, обожженная, терракот, песок очищенный, замесы, цементация, вращательное сверление	Каменная крошка, цементно-бутовый бой, высев земли
Бетонные трубы	Цемент известковый воздушный, песок, глина, мрамор, мел, водно-дисперсные замесы, футеровка.	Цементно-бутовый бой, загрязненная вода, мелкодисперсная пыль, высев земли и мелкого камня
Водосборные бассейны	Камень естественный бутовый, битая черепица, роман-цемент, кирпич сырцовый и обожженный, гидравлический цемент, галька, песок, железные скрепы, «дюбеля», деревянная опалубка, кладка, водно-дисперсные замесы	Цементно-бутовый бой, высев земли и камня, битый кирпич сырцовый или обожженный, обрезки опалубочного дерева
Водонапорные башни	Камень бутовый, битая черепица, шлаковая пемза, галька, воздушный известковый цемент, мрамор, мел, песок, кирпич сырцовый и обожженный, кирпичный бой, железные скрепы, «дюбеля», дробление камня, кладка, водно-дисперсные замесы.	Цементно-бутовый бой, высев земли и камня, обрезки опалубочного дерева, битый кирпич сырцовый или обожженный
Акведуки	Глина обожженная, терракот, камень естественный бутовый, кирпич сырцовый и обожженный, галька, известковый цемент, мел, песок, железные скрепы, «дюбеля»	Цементно-бутовый бой, высев земли и камня, обрезки опалубочного дерева, битый кирпич, сырцовый или обожженный
Римские дороги (многослойные)	Каменные плиты, каменные блоки, битый камень, гравий, мелкогравийный бетон, воздушный известковый цемент, песок сеянный, вода, плитовая распиловка, дробление камня, растворная стяжка плит, бетонирование, трамбовка, организация дренажа.	Отходы природного камня, крупно- и мелкодисперсная пыль, выемочная глина и земля.

Количественные характеристики, по крайней мере, отнесенные к единице веса строительных материалов весьма условны [6-9]. Тем не менее, они, а также способы обработки

(табл. 1), дают оценочное представление о необходимых параметрах отходов, которые позволили бы расчетным путем получить количественные характеристики отходообразования в этих технологиях (табл. 2).

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчета отходообразования

Вид отхода	Оценочный объем производства основной продукции, тыс. т	$P_i(\lambda)$	λ_{min}	$\lambda_{факт}$	$(1-\lambda_{факт}), m/m$	Оценочный объем отходов в отрасли, тыс. т
Глина пережженная	900-1300	0,24	0,90	0,60	0,40	360-520
Шлак свинцовый	20-40	0,61	0,65	0,60	0,40	5-10
Цементно-бутовый бой	300-600	0,11	0,85	0,65	0,35	105-210
Выемка и высев земли и камня	: 2000	0,088	0,67	0,67	0,33	: 660
Битый кирпич сырцовый	150-400	0,47	0,75	0,45	0,55	82-220
Битый кирпич обожженный	450-600	0,33	0,93	0,71	0,29	130-174
Отходы обработки природного камня	500-800	0,09	0,65	0,35	0,65	325-520
Обрезь опалубочного дерева	15-60	0,87	0,0	0,0	1,0	15-60
Всего:	4335-5800	-	-	-	-	1682-2374

При строительных работах применялся, в основном, физический труд человека (рабы) и механический инструмент – пилы, кувалды, механические мешалки, лопаты и кайла, мотыги. Например, для обслуживания водопроводов существовала так называемая водяная команда из почти 700 владеющих разными специальностями рабов. Основной системой организации труда были т.н. «Римские кооперативы» и «Коллегии», объединяющие узких специалистов и прикрепленных к ним рабов. В целом при расчетах энергозатрат можно использовать данные С. Подолинского и Г. Одума по энергетике ручного и механического труда [10, 11].

Далее, с применением методик расчета теоретического минимума отходообразования, описанного в работе [12], имеем следующее. При сопоставлении феноменологической кривой, соответствующей достигаемому термодинамическому минимуму в координатах $\sigma(S) = -30(\lambda - \lambda_{0,5})$ и графиков типа $P_1 = \varphi_1(\lambda)$, отражающих энергетические затраты при выполнении соответствующих работ, получим возможный теоретический минимум отходообразования для каждого вида отходов (табл. 2) и реальное значение коэффициентов λ , которые позволяют определить оценочные потери строительного производства в Древнем Риме (рис. 2). При этом для всех видов рассмотренных отходов теоретический минимум отходообразования термодинамически устойчив [12], что свидетельствует о ярко выраженной равновесности подобных простейших производственных систем, во всяком случае, в пределах принятых допущений.

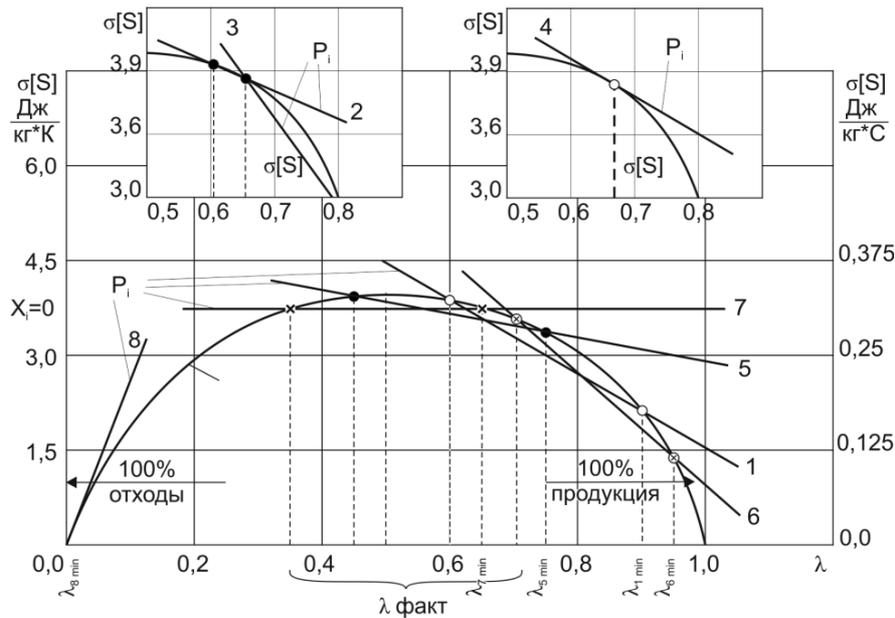


Рис. 2 – Диаграмма для расчета теоретического минимума отходообразования в строительных технологиях Древнего Рима, а именно, для отходов: 1 – глина перепеченная; 2 – шлак свинцовый; 3 – цементно-бутовый бой; 4 – высев земли и мелкого камня; 5 – битый кирпич сырцовый; 6 – битый кирпич обожженный; 7 – отходы обработки природного камня; 8 – обрезь опалубочного дерева

Выводы

Наиболее отходообразующими в этот период были технологии механической обработки природного камня, приготовления глины пережженной, подготовки строительного песка и строительные работы из сырцового кирпича. Следует отметить, что именно эта продукция была наиболее востребованной в строительной индустрии на рубеже новой эры.

Как видится, отходы от строительных работ в Древнем Риме могли составлять до 2,5 млн тонн в год, что немаловажно для потомков. При этом около 10 тыс. оценочных тонн относилось к опасным отходам переплавки свинцового материала. На протяжении только одной сотни лет римского владычества, на Апеннинах и в колониях должно было скопиться не менее 200 млн. тонн строительных отходов, даже при том, что дорожные технологии позволяли переработать некоторую часть строительных отходов (недаром, строительство дорог получило такое развитие на полуострове). Отходов на Апеннинах за тысячелетие Римского владычества должно оставаться предостаточно.

Список использованных источников:

1. Информационный ресурс: <http://ysa34.ru/article/ancientry.php>.
2. Информационный ресурс: <http://Konan.3dn.ru/publ/72-1-0-164>.
3. Информационный ресурс: <http://eco-green-vita.com/ru/articles/item/468>.
4. George F. The Roman Aqueduct of Nimes / F. George, W. Hauck // Scientific American. – 1989. – № 3. – Pp. 98-104.
5. Trevor Hodge A. Siphons in Roman Aqueducts / A. Trevor Hodge // Scientific American. – 1985. – № 6. – Pp. 114-119.
6. Информационный ресурс: <http://vogean.com/katalog/155/index.php>.
7. Информационный ресурс: http://Architectures.blogspot.com/2011/04/blog-post_11.html.
8. Информационный ресурс: http://konglomerat-spb.ru/istoria_betona_rim.shtml.
9. Информационный ресурс: <http://Betony.ru/istoritelnie-materialy.php>.
10. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии / С.А. Подолинский. – М. : Белые Альвы, 2005. – 143 с.
11. Одум Г. Энергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – М. : Прогресс, 1978. – 312 с.

12. Волошин В.С. Природа отхоодообразования (в приложении к управлению отходами) / В.С. Волошин. – Мариуполь : Рената, 2007. – 666 с.

Bibliography:

1. Information resource: <http://ysa34.ru/article/ancientry.php>.
2. Information resource: <http://Konan.3dn.ru/publ/72-1-0-164>.
3. Information resource: <http://eco-green-vita.com/ru/articles/item/468>.
4. George F. The Roman Aqueduct of Nimes / F. George, W. Hauck // Scientific American. – 1989. – № 3. – Pp. 98-104.
5. Trevor Hodge A. Siphons in Roman Aqueducts / A. Trevor Hodge // Scientific American. – 1985. – № 6. – Pp. 114-119.
6. Информационный ресурс: <http://vogean.com/katalog/155/index.php>.
7. Информационный ресурс: http://Architectures.blogspot.com/2011/04/blog-post_11.html.
8. Информационный ресурс: http://konglomerat-spb.ru/istoria_betona_rim.shtml.
9. Информационный ресурс: <http://Betony.ru/istoritelnie-materialy.php>.
10. Podolinskiy S.A. Labour of man and his attitude toward distribution of energy / S.A. Podolinskiy. – М. : Belyye Al'vy, 2005. – 143 p. (Rus.)
11. Odum G. Power base of man and nature / G. Odum, A. Odum. – М. : Progress, 1978. – 312 p. (Rus.)
12. Voloshin V.S. Nature of formation of wastes / V.S. Voloshin. – Mariupol : Renata, 2007. – 666 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Кухарь
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 20.04.2015