РАЗДЕЛ VII. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Желдаков Д.Ю.

Сокращение выбросов парниковых газов при увеличении долговечности строительных материалов

*Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-37

idsp: ljjournal-05-2020-37

Аннотация

Производство строительных материалов является одной из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства. Увеличение долговечности строительных материалов при их работе в конструкциях зданий может привести к значительной экономии энергоресурсов. В статье делается оценка экономической эффективности мероприятий, направленных на увеличение долговечности материалов. Оценка делается с учетом влияния производств на окружающую среду, приводится методика расчета количества выбросов диоксида углерода, паров воды и оксидов азота при сгорании природного топлива. Результаты расчетов выбросов парниковых газов заводами по производству цемента и строительной керамики, выполненными на основании приведенной методики, сведены в таблицу. Намечены пути исследований по повышению долговечности строительных материалов.

Ключевые слова: Парниковые газы, экономия энергоресурсов, долговечность, диоксид углерода, оксиды азота

Abstract

The production of building materials is one of the most energy-intensive sectors of the national economy. Increasing the durability of building materials when they work in building structures can lead to significant energy savings. The article assesses the economic efficiency of measures aimed at increasing the durability of materials. The assessment is made taking into account the impact of production on the environment, and a method for calculating the amount of carbon dioxide, water vapor and nitrogen oxides emissions from the combustion of natural fuel is provided. The results of calculations of greenhouse gas emissions by cement and construction ceramics plants based on the above methodology are summarized in the table. The ways of research to improve the durability of building materials are outlined.

Keywords: Greenhouse gases, energy saving, durability, carbon dioxide, nitrogen oxides

Долговечность зданий и сооружений является немаловажным фактором снижения эмиссии парниковых газов. Ремонт и восстановление зданий требует значительного расхода цемента, кирпича и других строительных материалов при производстве которых затрачивается значительное количество энергии, получаемой при сжигании природного топлива, что приводит к выбросам парниковых газов, в особенности паров воды, углекислого газа и оксидов азота. Производство строительных материалов является одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности. В доле строительного комплекса предприятия по производству строительных материалов потребляют, по разным оценкам, от 86 до 92 % энергоресурсов, а в общем объеме потребляемого топлива в строительном комплексе

расходы на производство цемента составляют 37,6 %, извести – 10,7, кирпича керамического – 4,6 %.

На протяжении последних трех лет в России наблюдается спад производства керамического кирпича. В 2016 году в России было произведено 5 575,2 млн условных кирпичей керамического кирпича, что на 17,9% ниже объема производства предыдущего года.

ГОСТ Р 55646-2013 «Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности и экологической результативности» определяет количество потребляемых энергоресурсов при производстве кирпича и камня керамического на уровне 2,5 – 3,0 ГДж/т. Однако в соответствии с данными информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям производства керамических изделий ИТС 4-2015 [1] интервалы удельного энергопотребления в производстве кирпича, полученные при обследовании российских предприятий и при работе с материалами управлений Росприроднадзора, составляют: 3,0–4,2 ГДж/т продукции для предприятий, введенных в строй в 1970–1980-х годах; 2,2–2,7 ГДж/т продукции для предприятий, введенных в строй после 2000 года. Более подробно энергопотребление при производстве кирпича приведено в таблице 1.

Таблица 1

Расход энергоресурсов при производстве керамического кирпича (по [2])

Энергопотребление	Единица измерения	Технологии	
		Отечественные 1970-1980х годов	Современные зарубежные
Природный газ, (37 ГДж/1000 м ³)	м ³ /1000 шт условного кирпича	220 - 240	120 -150
	ГДж/т продукции	3,3 – 3,6	1,8 – 2,2
Электроэнергия	кВт*час/1000 шт условного кирпича	200 - 250	220 - 240
	ГДж/т продукции	0,28 – 0,36	0,32 – 0,35
Общее энергопотребление	ГДж/т продукции	3,6 – 4,0	2,1 – 2,6

Необходимо подчеркнуть, что результаты зарубежных и отечественных оценок достаточно сложно сравнивать, так как зарубежные оценки приводятся в основном в ГДж/т продукции, а Российские на 1000 шт условного кирпича.

При этом Европейский стандарт устанавливает две категории изделий по плотности — ниже 1000 кг/м³ и выше 1000 кг/м³ (CSN EN 771-1:2011. Specifications for masonry units — Part 1: Clay masonry units), ГОСТ 530—2012 «Кирпич и камень керамические» определяет семь классов с плотностью от 700 до 2400 кг/м³. При этом не определено понятие «условного кирпича»: по общепринятой информации это кирпич с размерами 250 × 120 × 65 мм. Плотность условного кирпича нигде не приводится, при этом в расчетах часто используют массу условного кирпича, варьирующую в интервале 2,4–3,5 кг/шт. [3], то есть от 1230 до 1800 кг/м³. Недопустимый разброс в 150% при оценки массы изделия не дает возможности для сравнения цифр по энергопотреблению на тонну продукции и на 1000 штук условного кирпича. Кроме того во многих случаях неизвестна степень осреднения данных, не приводятся источники информации.

Цементная промышленность — одна из старейших в России отраслей промышленного производства. Рассвет отрасли пришелся на 60-80 годы: с 1962 по 1990 годы Россия занимала первое место в мире по производству цемента. Максимальный объем производства был достигнут в 1989 году и составил 85,3 млн. тонн. На протяжении последних трех лет в России наблюдается спад производства цемента. В 2016 году в России было произведено 55042,5 тысяч тонн цемента, что а 11,4 % ниже объема производства 2015 года.

При производстве клинкера энергопотребление можно оценить на основании ГОСТ Р 54194-2010 «Ресурсосбережение. Производство цемента. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности». Количество потребляемой тепловой энергии для получения клинкера определяется количеством энергии, необходимым для реакций минералообразования клинкера в процессе обжига (1700-1800 МДж/т клинкера), и количеством тепловой энергии, необходимым для сушки и подогрева сырьевых материалов. Которая зависит от влажности. Удельный расход тепловой энергии на обжиг клинкера по сухому способу с многоступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами превышает 3000 МДж/т и может достигать 3800 МДж/т клинкера в среднегодовом исчислении в связи с пуском – остановкой агрегатов [4]. Количество потребляемой электрической энергии при производстве клинкера определяется процессами помола цемента и сырья, работой вытяжных вентиляторов и дымососов. Величина потребляемой электрической энергии колеблется в пределах от 90 до 150 кВт*час/т продукции.

Необходимо отметить, что КПД тепловых электростанций не превышает 38%, то есть при производстве 1 кВт*час электроэнергии расходуется 3,6/0,38=9,47 МДж тепловой энергии.

Расчет эмиссии парниковых газов ведется исходя из расчета стехиометрического процесса окисления метана кислородом воздуха при его горении в теплоэнергетических агрегатах [5]

То есть при сгорании одного кубометра метана образуется один кубометр углекислого газа и два кубометра паров воды. Более точно при расчете процесса горения метана надо принимать во внимание, что окисление происходит не в атмосфере кислорода, а в атмосфере воздуха. Тогда формула (1) запишется следующим образом:

где α – коэффициент избытка воздуха, поданного на горение метана, 7,52 коэффициент, учитывающий концентрацию азота в воздухе 79 %, кислорода 21 %.

Так как избыточный воздух, пошедший на горение, условно не принимает участия в образовании парниковых газов, расчет объема продуктов сгорания удобно вести при $\alpha = 1$. Учитывая уравнение (2), можно определить, что при сгорании одного кубометра природного газа образуется 10,52 кубометра продуктов сгорания, содержащих 9,5 об. % углекислого газа, 19,0 об. % паров воды. При горении образуется еще один парниковый газ - оксиды азота. Их концентрация в продуктах сгорания значительно ниже, чем углекислого газа и паров воды и составляет 120 – 150 мг/м³ [8].

Принимая низшую (без учета конденсации водяных паров) теплоту сгорания природного газа равной 37,0 МДж/м³ можно определить эмиссию парниковых газов при производстве керамического кирпича и цемента. Результаты расчетов выбросов парниковых газов в расчете на 2016 год приведены в таблице 2.

Таблица 2

Выбросы парниковых газов при производстве керамического кирпича и цемента в 2016 году

Показатель	Кирпич		Цемент	
	Единица измерения	Значение	Единица измерения	Значение
Производство	Штук условного кирпича (у к), *10 ⁶	5575,2	Тонн, *10 ³	55042,5
Удельное энергопотребление:				
Тепловая энергия	МДж/1000 шт у к	8140 - 8800	МДж/т	3800

Электроэнергия (прямые показатели)	кВт*ч/1000 шт у к	200 - 250	кВт/т	90 - 150
Электроэнергия (в пересчете на расход тепла при генерации при КПД = 38%)	МДж/1000 шт у к	1894 – 2367,5	МДж/т	852 - 1420
Всего	МДж/1000 шт у к	10034 – 11167,5	МДж/т	4652 - 5220
Выбросы парниковых газов в 2016 году				
CO ₂	м ³ , *10 ⁹	1,51 – 1,68	м ³ , *10 ⁹	2,97 – 3,30
	т, *10 ⁶	2,97 – 3,30	т, *10 ⁶	13,59 – 15,24
H ₂ O	м ³ , *10 ⁹	3,02 – 3,36	м ³ , *10 ⁹	2,43 – 2,70
	т, *10 ⁶	2,43 – 2,70	т, *10 ⁶	11,12 – 12,47
NO _x	т, *10 ³	2,385 – 2,655	т, *10 ³	10,92 – 12,25

Надо отметить, что обычно оксиды азота не учитываются в общем парниковом эффекте в виду их малой концентрации в атмосфере. При рассмотрении продуктов сгорания топлива картина меняется. Из таблицы видно, что выбросы оксидов азота по массе на три порядка ниже, чем углекислого газа. Однако парниковая активность закиси азота в 298 раз выше, чем у углекислого газа [6], что делает необходимым их обязательный учет при расчете эмиссии. Пары воды, наоборот, в следствии их конденсации и возврата на поверхность в виде осадков, не учитывают в эмиссии парниковых газов. Таким образом общее количество парниковых газов, поступающих в атмосферу при производстве цемента и керамического кирпича, в пересчете на CO₂ составило в 2016 году 20,52 – 22,98 миллионов тонн, что составляет 39% от всех выбросы CO₂ в городе Москва 2016 году, которые составили 59,06 миллионов тонн, или около 1,5% всех выбросов CO₂ России.

Увеличение долговечности строительных материалов напрямую скажется на снижении эмиссии парниковых газов. При правильном расчете долговечности материалов ограждающих конструкций зданий можно говорить о снижении выбросов в 2-3 и более раз. При этом результаты снижения выбросов парниковых газов за счет увеличения долговечности ограждающих конструкций могут быть получены в ближайшее время за счет увеличения сроков межкапитального ремонта.

Долговечность строительных материалов ограждающих конструкций определяется скоростью протекания двух основных процессов деструкции: политермической кристаллизацией влаги и химической коррозией. В свою очередь скорость деструкции определяется физико-техническими и физико-химическими условиями, в которых эксплуатируются материалы: температура, влажность, концентрация различных солей в материале наружной конструкции, физические и химические воздействия, которым подвергается материал при его технологическом использовании (химическое производство, высокотемпературные установки и так далее).

Исследования говорят о высоком запасе прочности строительного материала при правильной оценке физико-химических условий эксплуатации и выполнения проектных условий работы конструкции в процессе эксплуатации. Проведенные в лаборатории теплофизики НИИСФ исследования морозостойкости кирпичей при полном водонасыщении показали устойчивость при более 650 циклов замораживания – оттаивания при паспортной марки по морозостойкости равной F50.

В настоящее время действует более 150 нормативных документов, в основном ГОСТов, в которых рассматриваются вопросы морозостойкости, коррозии или смежные с данной темой проблемы. Основным нормативным документом, регламентирующим устойчивость строительных материалов к деструкции в результате коррозии является СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии», а также ГОСТы по определению марок по определению

морозостойкости, разработанных для каждого строительного материала в отдельности. Вопросы долговечности отражены также в ГОСТе 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Основные, принципиальные вопросы, требующие изменения в действующей нормативной документации:

1. Марка материала по морозостойкости является абсолютно неинформационным критерием оценки политермической устойчивости материала. Принятые в ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости», а также в зарубежных стандартах, например, США стандарт ASTM C62-05 и стандарт ASTM C216-07a и Канады CSA Стандарт A82-06. С января 2004 г. во всех странах Европейского Союза, в Чешской Республике, Эстонии, на Мальте и в Швейцарии применяется гармонизированный европейский стандарт на кирпичную продукцию DIN EN 1344 «Дорожный клинкерный кирпич (Pflasterziegel) — требования и методы испытания», который заменил ранее действующий DIN 18503. Основным недостаток всех стандартов определения марки материала по морозостойкости – это оценка по принципу «да/нет», то есть удовлетворил материал заявленной производителем марке или нет. Марка материала по морозостойкости не содержит информации по действительной морозостойкости материала, что в свою очередь не дает возможности проектным и строительным организациям реально оценивать применяемые материалы.

2. Оценка скорости деструкции при химической коррозии должны оцениваться при условии взаимного влияния материалов в многослойной конструкции. При этом в СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии», в пункте 7.1 записано: «Оценка степени агрессивного воздействия на каменные конструкции производится отдельно по раствору и кладочному материалу и для конструкции из каменной кладки в целом принимается как для материала, для которого среда является наиболее агрессивной». Исследования, выполненные в лаборатории теплофизики НИИСФ показали, что долговечность при политермической кристаллизации кирпича и цементно-песчаного раствора в отдельности значительно превышают их работу в конструкции. При этом процессы химической коррозии протекающие при контакте кирпича и раствора протекают с большей скоростью и ускоряют процессы разрушения материала в том числе и при понижении температуры.

3. До настоящего времени отсутствует любая методика оценки долговечности при эксплуатации конструкций. Невозможно говорить о долговечности пока не будет разработана система контроля за состоянием конструкции в процессе эксплуатации. Уже сейчас возможно и необходимо разработать ГОСТ по долговечности зданий при эксплуатации.

Научные исследования для решения задачи увеличения долговечности в процессе эксплуатации зданий направить на разработку прибора, оценивающего долговечность конструкции по скорости протекания электрохимических реакций в материале конструкции.

Для контроля скорости коррозии металла при эксплуатации трубопроводов применяется контрольное оборудование состоящее из датчиков коррозии 3500НТ погружного типа фирмы Rohback Cosasco, метрологических комплексов EXA 202 для определения уровня pH японской фирмы Yokogawa Electric, и преобразователей резонансного типа GT 200В фирмы «Глобатекс» [7]. Принцип действия комплекса основан на скорости протекания электрохимических реакций определенных веществ с металлом. Программное обеспечение прибора позволяет перевести концентрацию некоторых веществ в потоке и показать результаты в единицах [мм/год] коррозии трубопровода. Прибор, основанный на тех же принципах, то есть скорости химической реакции деструкции материала от концентрации химического вещества в водном растворе электролита, заполняющего поры материала несущей конструкции,

пористости и температуры можно разработать для определения долговечности строительных конструкций. Такой прибор позволит в любой момент определить скорость деструкции или остаточный жизненный цикл конструкции, а для особо важных конструкций он сможет работать в режиме он-лайн.

При наличии такого прибора контроль за правильностью эксплуатации зданий будут выполнять инспекторы архсройнадзора или жилищной инспекции в любой момент времени. Критерием правильной эксплуатации будет не превышение скорости деструкции материала конструкции нормативно установленной.

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям производства керамических изделий ИТС 4-2015 «Производство керамических изделий»
2. Официальный сайт АПКСМ [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.apksmrf.ru/link/>.
3. Захаров А.И., Бегак М.В. Программа гармонизации экологических стандартов как инструмент повышения эффективности производства строительной керамики // Строительные материалы. 2009. №4. С.17-19.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям производства керамических изделий ИТС 4-2015 «Производство цемента»
5. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. – М.: «Наука», 1977. 344 с.
6. Электронный ресурс. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D1%8B
7. Монахов А.Н., Трофимов П.П. Система комплексного коррозионного мониторинга установки первичной переработки нефти // СТА. 2006. №2. С. 38-40.
8. Заслонко И.С., Тереза А.М., Кулиш О.Н., Желдаков Д.Ю. Кинетические аспекты снижения уровня окиси азота в продуктах сгорания с помощью добавок аммиака (De-NOx) // Химическая физика. 1992. Т. 11. № 11. С. 1491.

Ревина Е.В., Дрёмина Е.А.

Ресурсосбережение на предприятии как фактор повышения эффективности его деятельности

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»
(Россия, Екатеринбург)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-38

ids: lj-05-2020-38

*Научный руководитель
Рачек С.В.*

Аннотация

Статья посвящена проблемам ресурсосбережения как на предприятии, так и в стране в целом. Предприятию необходимо овладеть новейшими методами ресурсосбережения, что позволит выйти на новый уровень его конкурентоспособности.

Ключевые слова: ресурсосбережение, попутный нефтяной газ, ресурсный потенциал, экономическая эффективность, энергетическая стратегия, нефтяная промышленность Свердловской области.

Актуальным направлением статьи является исследование проблемы управления ресурсным потенциалом экономики. Гипотеза исследования состоит в обосновании необходимости оценки разностороннего воздействия указанных факторов на социально-экономическое развитие предприятий нефтегазовой отрасли, что, в свою очередь, выступает условием эффективного стратегического управления российскими регионами. Необходимым условием повышения конкурентных позиций России и отечественных компаний на энергетическом рынке ЕС выступает объективная необходимость развития следующих инновационных сфер экономики: глубокая