

Технология и тепловые испытания нового пустотелого строительного кирпича с перегородкой Штейнера

Драцкая Альбина Ивановна

7 класс, МБОУ «Гимназия №5», г. Королёв, Московская обл., Благотворительный фонд «Образование+»

Научный руководитель А.А.Скворцова,
младший научный сотрудник, ФГБОУ ВО НИУ «Московский авиационный институт»,
Благотворительный фонд «Образование+»

Предлагается новая конструкция пустотелого строительного кирпича. В новом кирпиче перегородка выполнена в виде ячейки Штейнера, то есть самой короткой линии, которая соединяет четыре вершины квадрата. На грани-постели стандартного кирпича размещены две такие перегородки. Возможны три варианта взаимной ориентации перегородок. Суть работы заключается в формировании единого вертикального воздушного столба и единой колонны из перегородок. Минимум материала и максимум воздуха обеспечивают улучшенную теплоизоляцию. Первые опытные образцы подтвердили эту гипотезу.

Линия Штейнера – это самая короткая линия, которая соединяет четыре вершины квадрата. Идея применения линии Штейнера в строительстве появилась после решения нескольких практических задач. Математические задачи могут быть не только на плоскости, но и в пространстве [1]. В этой статье изучается только плоская конфигурация, форма которой взята из опытов с мыльными плёнками и повторяет ячейку Штейнера [2,3]. Были изучены свойства анизотропии жёсткости ячейки Штейнера, потому что она по-разному изгибается в различных направлениях [4]. Была решена задача о прокладке траншей для жилищно-коммунального хозяйства [5]. Наконец, была предложена конструкция новой трубы с перегородкой Штейнера, по которой можно перекачать сразу четыре вида жидкости или газа [6]. Эта труба заменяет сразу четыре линии.

Очередная практическая задача появилась, когда на глаза попался строительный кирпич с отверстиями. Пустоты в кирпичах и строительных блоках выполняют разной формы: прямоугольные, квадратные, круглые, овальные. Появилась идея сделать пустоты в кирпиче с перегородкой в форме ячейки Штейнера. Почему ячейка Штейнера выгодна для перегородки в пустотелом кирпиче? Рассуждение проводилось так. Строительный кирпич имеет названия трёх граней, приведённые ниже в порядке уменьшения площади: постель, ложок и тычок. Строительный кирпич со стороны постели – это прямоугольник из двух квадратов. Конечно, можно решить задачу Штейнера для прямоугольника, но это будет только математический результат без практического применения в строительстве. Два квадрата со стороны постели позволяют выполнять строительную вязку кирпичной стены множеством способов. Значит, пустотелость надо делать в квадратном сечении половины кирпича, а не во всём прямоугольнике постели. В новом пустотелом кирпиче квадратную полость предлагается усилить перегородкой Штейнера. Это обосновано тремя причинами. Во-первых, перегородка Штейнера требует меньше всего материала, поэтому в квадратной полости будет больше всего воздуха. Значит, новый пустотелый кирпич будет самым лёгким, с уменьшенной теплопроводностью и меньшей звукопроницаемостью. Во-вторых, в перегородке Штейнера есть два треугольника и две трапеции. Треугольник – это устойчивая фигура, поэтому перегородка Штейнера усилит квадратно-пустотелый кирпич, сделает его более прочным. В-третьих, перегородка Штейнера не нарушит традиционных способов строительной вязки при укладке кирпичей. Три типоразмера нового пустотелого кирпича позволяют выкладывать стены, углы и перегородки по стандарту. На рис.1 показаны три основных типоразмера предлагаемого нового пустотелого кирпича.

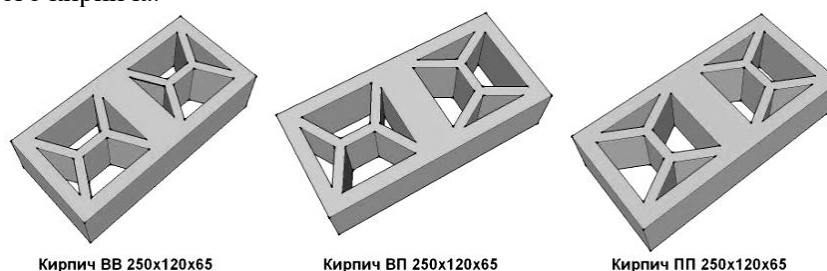


Рис. 1. Три основных типоразмера нового пустотелого кирпича

Первые две заглавные буквы перед габаритными размерами кирпича, указанными в миллиметрах, обозначают ориентацию перегородок двух ячеек Штейнера: В – вдоль длины кирпича, П – поперёк длины кирпича. Для исследования надо было изготовить несколько опытных образцов кирпичей с различным поворотом перегородок Штейнера в полостях. Сначала было решено изготовить модели новых кирпичей из бетона. Для этого были созданы специальные формы для заливки раствора бетона. Внешняя опалубка изготовлена из досок в виде ящика. Сложнее было изготовить внутренние перегородки. Самым удобным оказался способ изготовления перегородок из картона, которые потом можно не удалять. Между призмами и стенками опалубки заливается раствор бетона. На рис.2 показана отливочная форма и один из опытных образцов нового кирпича.

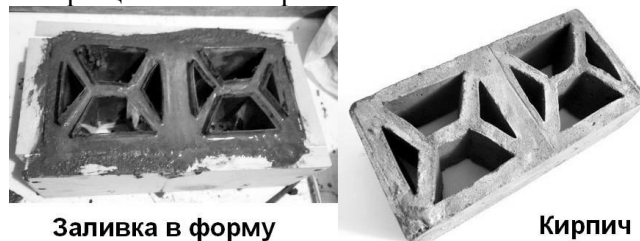


Рис. 2. Технология изготовления модели кирпича из бетона

Изготовление лабораторной установки было выполнено во время летней научно-производственной практики при столярных работах. Лабораторная установка – это ящик из пенопласта «Пеноплэкс-50» с толщиной стенок 50 мм, но в ящике нет одной стенки. В этот ящик помещается банка с горячей водой. Была найдена специальная банка из жести от формы для заливки строительных кирпичей. К этой банке как можно плотнее прислоняется кирпич ложковой гранью, а другая ложковая грань выступает из установки и охлаждается воздухом. Пустоты между банкой и пенопластом заполняются строительной ватой.

Цель опыта заключается в определении скорости остывания воды в баночке, помещённой в пенопластовый ящик. Пенопласт и строительная вата почти не проводят тепло, поэтому всё тепло идёт от баночки с горячей водой в кирпич, а потом наружу. Чем медленнее остывает вода, тем лучше кирпич будет сохранять тепло в доме. Температура измерялась термодатчиками. Самая важная – это температура воды, она измерялась каждые 15 минут. Показания температуры были переписаны в программу EXCEL, которая сразу позволяет строить графики. Всего было испытано 7 кирпичей, 6 изготовлены и один покупной шамотный ШБ-8. Результат испытания пяти кирпичей, важных для гипотезы, и лабораторная установка показаны на рис.3.



Рис. 3. Гипотеза о новом шамотном кирпиче (верхняя линия)

Кирпич типа ПП почти не отличается от кирпича типа ВВ, но в два раза лучше сохраняет тепло, чем монолит М300. Два верхних графика почти совпадают, потому что новые кирпичи типа ВВ и ПП почти одинаково сохраняют тепло в домах. Полнотелый монолит М300 прочнее новых кирпичей, но зато в два раза холоднее. Из этого сразу можно сделать два вывода. Во-первых, не нужно испытывать кирпич типа ВП, потому что он занимает промежуточное положение между кирпичами типа ВВ и ПП. Свойства моего нового кирпича типа ВП будут примерно такими же, как у кирпичей ВВ и ПП. Во-вторых, может быть все доводы и полученные результаты напрасны, потому что на тепловые свойства кирпича влияет только его пустотность? Под пустотностью понимают отношение объема полостей к полному объему

кирпича. Появилась ещё одна задача. Надо было проверить тепловые свойства традиционных кирпичей с той же пустотностью, что и новые кирпичи. Пришлось изготовить специальный кирпич традиционного вида с круглыми отверстиями. В таком кирпиче пустотность 40% такая же, как в новых кирпичах ВВ и ПП. Традиционный кирпич удерживает тепло хуже, чем новые кирпичи ВВ и ПП. Этим опытом доказано, что при создании новых кирпичей нужно учитывать не только величину пустот, но ещё их форму.

Недостаток исследования заключается в отсутствии шамотного кирпича нового типа (ВВ, ПП или ВП). Из шамота, даже из шамотной глины, пока не получилось сделать кирпичи предлагаемого типа. Но зато есть много данных о пяти испытанных кирпичах. Надо перенести эти данные на кирпич, которого пока нет – новый пустотелый шамотный кирпич с перегородкой Штейнера. Обоснование проведено следующим образом. Новые кирпичи из пескобетона М300 во столько раз лучше монолита М300, во сколько раз новый пустотелый шамотный кирпич будет теплее монолита из шамота ШБ-8. На сколько поднялся график для бетонных кирпичей над бетонным монолитом, на столько же должен подняться график нового шамотного пустотела над шамотным монолитом. Это верхний график. Выдвинута гипотеза, что новый шамотный пустотел с ячейкой Штейнера будет остывать в лабораторной установке на 6 градусов за 4 часа, то есть со скоростью полтора градуса в час. Это будет самый тёплый кирпич. Если даже нельзя будет выложить им всю домну или русскую печь, то часть конструкции всегда можно сложить новыми кирпичами для теплоизоляции и сохранения энергии. Очередная задача – проверить эту гипотезу на опыте.

Выводы по тепловым испытаниям новых кирпичей

1. Тепловые испытания с моделями из пескобетона М300 показали, что новые пустотелые кирпичи с ячейками Штейнера на 39% теплее монолита М300.

2. Новые кирпичи типов ВВ, ПП и ВП приблизительно одинаковы по тепловым свойствам, но три типа нужны для кладки углов и перегородок зданий.

3. Доказано, что на тепловые свойства кирпичей влияет не только величина пустотности, но и форма пустот, поэтому перегородка Штейнера очень выгодна, так как она самая короткая, проводит меньше всего тепла.

4. Свойства бетонных кирпичей были перенесены на огнеупорные шамотные кирпичи, была высказана гипотеза, что пустотелый шамот с перегородкой Штейнера будет самой выгодной конструкцией со скоростью остывания в лабораторной установке полтора градуса в час.

5. Подготовлен макет нового шамотного кирпича из пескобетона М300 для обсуждения на выставке МеталлЭкспо-2020 в конце этого года на ВВЦ-ВДНХ в Москве.

6. Подготовлены материалы заявки на патент на полезную модель.

Список литературы

1. Драцкая А.И., Скворцова А.А. Новое решение задачи Штейнера для композиционного материала о соединении восьми вершин куба самой короткой линией / Программа 61-й Всероссийской научной конференции МФТИ. 19-25 ноября 2018 года. Секция прочности летательных аппаратов. - М.: МФТИ, 2018. – 116 с. – С. 59. - ISBN 978-5-7417-0678-7

2. Драцкая А.И., Скворцова А.А. Минимальные кубические структуры из стержней и плёнок / X Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых учёных «Наука и инновации в технических университетах». – Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, 24-29 октября 2016. – С.47-48.

3. Драцкая А.И., Якимова Е.И. Модель композиционного материала с лёгкими кубическими силовыми ячейками / Сборник материалов. Третий междисциплинарный молодёжный научный форум с международным участием "Новые материалы 2017" - М.: ООО "Буки Веди", 2017. - 903 с. – С.560-563. - ISBN 978-5-4465-1638-4.

4. Драцкая А.И., Скворцова А.А. Анизотропия жёсткости арматуры композиционного материала с ячейками Штейнера / Наука и инновации в технических университетах: Материалы Тринадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных 23-25 октября 2019 г. - СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. - 169 с. - С.53-55.

5. Драцкая А.И. Я берегу энергию. Деньги в песочнице. (#ВместеЯрче): 27.05.2019. Электронный ресурс (видеоролик): <https://youtu.be/4yqgpON8RIw>.

6. Драцкая А.И. Новая экономичная труба с перегородкой Штейнера для газопроводов. Научный руководитель Скворцова А.А. / Гагаринские чтения - 2020. XLVI Международная молодёжная научная конференция. Сборник тезисов докладов. - М.: Московский авиационный институт (НИИ), 2020. - 165 с. - С.120-121.