

СНЕЖНАЯ ХИЖИНА «ИГЛУ» – ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ДОМ АБОРИГЕНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А. Ю. Ницын

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21, ukrmoda@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена снежной хижине «иглу», которая является непревзойдённым образцом жилища, приспособленного к природным условиям Крайнего Севера. Это обусловлено тем, что снежная хижина «иглу» обеспечивает достаточно комфортные условия проживания при крайне низких температурах окружающего воздуха и в то же время требует минимальных затрат энергии для её обогрева и освещения. Показано, что энергосбережение и экологическая безопасность снежной хижины «иглу» достигается за счёт её геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции.

Ключевые слова: иглу, энергосбережение, экологическая безопасность.

Введение

Чтобы построить современный дом, в котором можно жить удобно, безопасно и в согласии с природой, надо обладать многими знаниями и прежде всего, – знаниями химии, физики и математики. Проблема состоит в том, что, пожалуй, нет такой современной технологии энергосбережения и экологической безопасности, которая не была бы известна древним строителям, жившим задолго до зарождения письменности и первых очагов цивилизации. Возьмём, например, снежные хижины «иглу», которые начали строить 30000 лет тому назад, – именно тогда, по мнению антропологов и этнографов, на Крайнем Севере поселились предки современных эскимосов [1, 2]. Разумеется, ещё ни один археолог не раскопал снежной хижины «иглу», сложенной в те далёкие времена, но, если бы наши первобытные предки не умели их возводить, сейчас Крайний Север был бы необитаемым.

Анализ публикаций

Несмотря на необычный вид снежных хижин «иглу», как будто сошедших со страниц научно-фантастических романов, их изучению посвящено не слишком много литературы. В Российской империи не было ни одной известной нам публикации, посвящённой снежным хижинам «иглу». В Советской России была издана одна-единственная брошюра, в которой раскрываются способы их строительства [3], и несколько книг зарубежных исследователей Арктики с краткими упоминаниями о том, какими удивительными свойствами обладают постройки из снега, в которых живут эскимосы [4, 5]. Кроме того, в одном из руководств по организации детского туризма была выделена целая глава, посвящённая постройкам из снега [6]. Однако работ, которые рассказывали бы о том, какими знаниями химии, физики и математики должны были обладать древние строители, чтобы построить снежную хижину «иглу», до сих пор не опубликовано.

Цель и постановка задачи

Таким образом, цель настоящей работы – дать научное объяснение технологиям энергосбережения и экологической безопасности, первооткрывателями которых были люди каменного века, поселившиеся на Крайнем Севере 30000 лет тому назад.

Результаты и их анализ

Рассмотрим конструкцию снежной хижины «иглу». Зимнее жилище эскимосов представляет собой полусферический купол, сложенный из снежных блоков. Блоки вырезаются из снега, уплотнённого ветром. Плотность снега выражается отношением его веса к весу такого же объёма воды. Эта величина составляет для пушистого свежеснежного снега величину от 0,01 до 0,03, а для многолетнего слежавшегося снега (фирна) – от 0,40 до 0,65 [7]. Наилучшим для постройки хижины является сухой снег, обладающий плотностью от 0,25 до 0,30, с равномерной мелкозернистой структурой [3]. Это значит, что снежные блоки, используемые эскимосами для строительства хижины, примерно на три четверти состоят из воздуха.

Куполообразные хижины «иглу» имеют следующие размеры: диаметр пола выбирается в интервале от 1,5 до 9 м, высота от пола до центра свода – от 1,3 до 4 м. Для семьи из трёх-четырёх человек эскимосы строят хижины диаметром около 3 м и высотой около 2 м [3].

Строительной площадкой, как правило, является вершина плотного сугроба высотой не менее 1 м [3]. Сугроб выравнивается так, чтобы получилось плоское основание, которое используется в дальнейшем для обустройства лежанки. После того как в снегу прочерчивается окружность, устанавливающая размеры жилища, намечают место входа. Если хижина строится на одну ночь, то вход в неё делается с подветренной стороны. Если же хижина должна служить жильём в течение продолжительного времени, то вход

устанавливается под прямым углом к господствующему направлению ветра.

Вход в снежную хижину «иглу» делается ниже уровня пола. Поэтому, чтобы попасть в хижину, в глубоком снегу прокапывается траншея длиной от 2 до 3 м и шириной 70–90 см. Глубина траншеи зависит от высоты сугроба, но не может быть меньше 70 см [3]. Траншее прокапывают до первого ряда снежных «кирпичей», а в начале траншеи делают несколько ступенек, по которым её обитатели будут выбираться на поверхность сугроба. Перед входом в траншею с наветренной стороны складывают из кусков снега стенку, предохраняющую траншею от снежных заносов.

Под лежанку отводится приблизительно две трети площади, занимаемой хижинкой. Между лежанкой и входом в хижину выкапывается колодец, достигающий дна траншеи. Слева и справа от колодца делают по одной ступеньке, высота которой равна половине его глубины. Эти ступеньки служат для того, чтобы по ним можно было подняться из траншеи и забраться на лежанку.

Потом в толще снега вырезается дверной проём, соединяющий колодец с траншеей. Высота проёма составляет 70 см, а его ширина – 60 см [3]. Это значит, чтобы попасть в хижину, надо сначала проползти на корточках по дну траншеи, затем пролезть через дверной проём в колодец и подняться по ступенькам на лежанку. При этом лежанка должна возвышаться над верхним краем дверного проёма не менее чем на 30 см. Вверху, с подветренной стороны хижинки, в 25–30 см от центра купола прорезается круглое отверстие, диаметр которого составляет около 10 см [3]. Покажем на рис. 1 продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на высоком сугробе.

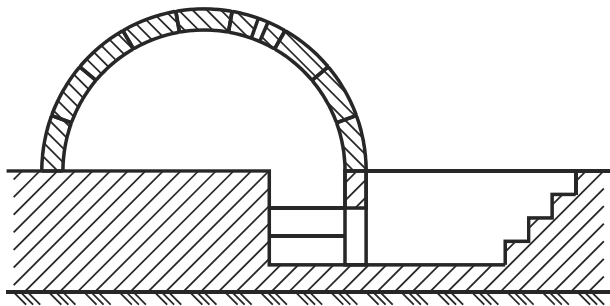


Рис. 1. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на высоком сугробе

Если хижина возводится на тонком слое снега, входом в неё служит галерея, покрытая цилиндрическим сводом, сложенным из снежных блоков. Длина галереи лежит в интервале от 2 до 3 м, а её высота составляет не менее 70 см. Перед входом в траншею возводят снежный куполообразный домик, по виду напоминающий основную хижину. Диаметр окружности, лежащей в основании сферического купола, равняется 1,5 м. Кроме того, чтобы предохранить галерею от снежных заносов, у входа в галерею с наветренной

стороны складывают из кусков снега стенку высотой не менее 70 см. После того как хижина построена, вдоль её основания возводится насыпь из плотно утрамбованного снега, обложенная снежными блоками. Снежная насыпь играет роль завалины, которая способствует повышению прочности хижинки и помогает утеплить её при резких понижениях температуры. Высота завалины составляет не менее 30 см. Лежанку сооружают из снежных плит. При этом её высота должна быть не меньше высоты дверного проёма. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на тонком снежном покрове показан на рис. 2.

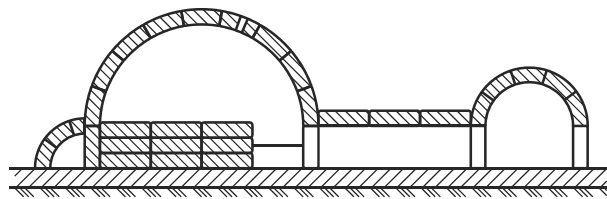


Рис. 2. Продольный разрез снежной хижинки «иглу», построенной на тонком снежном покрове

Рассмотрим теперь свойства снежной хижинки «иглу», которые вытекают из её конструкции и обеспечивают ей энергосбережение и экологическую безопасность.

Прежде всего, обратим внимание на геометрическую форму снежной хижинки «иглу». Как было показано в докторской диссертации О. В. Сергейчука, сфера обладает наименьшей площадью поверхности при заданном объёме, охватываемом ею, по сравнению с другими геометрическими телами, например параллелепипедом [8]. Это значит, что снежная хижина «иглу» по сравнению с постройкой из снега в виде параллелепипеда, имеющего тот же объём, обладает наименьшей теплоотдачей в окружающее пространство. Как предки эскимосов, не знавшие физики и не имевшие ни малейшего представления о решении изопериметрических задач, додумались до того, чтобы придавать своим жилищам полусферическую форму, остаётся загадкой. Может быть, к мысли о сфере они пришли после безуспешных попыток возвести по периметру прямоугольника прямые стены, уложить сверху деревянные жерди и накрыть их снежными плитами. Во-первых, на Крайнем Севере трудно найти лес, в котором растут тонкие высокие деревья, а во-вторых, после обильного снегопада плоская крыша может обвалиться. Поэтому предкам эскимосов пришлось отказаться от более простой конструкции дома в виде параллелепипеда и научиться возводить из снежных блоков сферический купол.

Действительно, как показала практика, снежная хижина «иглу» обладает замечательной прочностью, когда на неё воздействует не сосредоточенная, а равномерно распределённая нагрузка [6]. Это объясняет, почему снежной хижине «иглу» в отличие от дома в виде

параллелепипеда не страшны ни снежные бури, ни обильные снегопады.

Следующим важным фактором, влияющим на энергосбережение снежной хижины «иглу», является материал, применяемый при её строительстве. Как было указано выше, снег, из которого возводятся хижины «иглу», примерно на 75% состоит из воздуха. Пожалуй, нет такого современного строительного материала, который обладал бы меньшей теплопроводностью, чем строительный материал, из которого предки эскимосов делали свои жилища. Правда, здесь никакого чуда не было, – просто предки эскимосов возводили свои дома из того единственного строительного материала, который можно было найти на Крайнем Севере.

Не менее сложной проблемой, чем выбор строительных материалов, применяемых для возведения стен и их декоративной отделки, является вентиляция жилых помещений и обеспечение жильцов свежим, чистым воздухом, – и здесь предки эскимосов нашли поистине гениальное решение. Это решение состоит в сочетании двух важных факторов: входа в жилище, которое располагается ниже уровня пола, то есть лежанки, и отверстия вблизи вершины сферического купола. Во-первых, благодаря тому, что холодный воздух того же объёма, что и объём тёплого воздуха, заключённого в хижине, тяжелее его, наружный воздух, поступающий в хижину через траншею, вытесняет из хижины воздух, насыщенный парами и продуктами дыхания, и выдавливает его через отверстие в куполе. Во-вторых, благодаря тому, что на Крайнем Севере дуют непрерывные ветры, поток воздуха, обдувающего хижину, высасывает из неё воздух через отверстие в куполе, и обеспечивает поступление в хижину свежего воздуха, проникающего в неё через траншею – это говорит о том, что снежная хижина «иглу» является ничем иным, как эжектором. Кроме того, холодный воздух, поступающий в траншею и накапливающийся на дне колодца, запирает выход тёплого воздуха через дверной проём и способствует его накоплению вверху хижины, откуда он медленно просачивается наружу через маленькое отверстие в середине купола.

Рассмотрим температурный режим, который поддерживается в снежной хижине «иглу» благодаря выбору геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции. По свидетельству В. Стефансона, производившего измерения при температуре наружного воздуха -45° и максимально возможном прогревании хижины, в траншее, ведущей в хижину, температура воздуха была -43° . При этом температура воздуха внутри хижины распределялась следующим образом: на дне колодца, расположенного перед лежанкой, воздух прогревался до -40° , на уровне верхнего края дверного проёма – до -18° , на уровне спальной площадки – до -7° , на уровне плеч сидящего

человека – до $+4^{\circ}$, а над головой сидящего человека – до $+16^{\circ}$ [4].

Наиболее удивительным свойством снежной хижины «иглу» является то, что чем ниже опускается температура окружающего воздуха, тем более высокая температура воздуха поддерживается внутри неё. Этот парадокс объясняется тем, что из-за низкой теплопроводности стены хижины поглощают больше тепла, чем отдают окружающей среде, но чем ниже температура наружного воздуха, тем выше может прогреваться воздух внутри хижины и тем позднее его температура достигает уровня, при которой начинается таяние её внутреннего свода. Чтобы накопить тепло при температуре наружного воздуха выше -15° и предохранить свод от таяния, под куполом хижины натягивают экран в виде квадратного куска тонко выделанной шкуры или сшитую из отдельных кусков шкуры куполообразную палатку, которая в подвешенном состоянии краями не достигает лежанки. Экран или палатку подвешивают на расстоянии 10-15 см от свода. Боковые стенки палатки растягивают таким образом, чтобы между ними и стенами хижины оставался небольшой зазор. Концы экрана прибивают кольщиками к стенам. Это позволяет в некоторых случаях поднять температуру воздуха, расположенного непосредственно под экраном или палаткой, до $+30^{\circ}$ [3].

Не меньшее удивление вызывает то, что «тропическую жару» в снежной хижине «иглу» можно создать с помощью нескольких плашек с тюленьим жиром. Плашки устанавливают посередине хижины, под вентиляционным отверстием, сделанным в её своде. Фитилём служит хорошо перетёртый мох, который насыпают на дно плашки. После того как мох пропитается жиром, кашецеобразную массу подгребают лопаточкой к краю плашки, выкладывают из неё узкий длинный валик и поджигают его. При тщательном уходе плашка даёт яркое, равномерно распределённое по периметру плашки пламя, которое не образует копоти. Высоту пламени регулируют толщиной фитиля и её можно уменьшить до язычка, едва распространяющего свет.

Нельзя не рассказать об ещё одном чуде строительной техники предков эскимосов, а именно: об освещении снежной хижины «иглу». Хижина освещается теми же плашками, которые используются для её обогрева, причём для освещения хижины диаметром 3 м достаточно иметь одну плашку [3]. Благодаря многократному отражению лучей от кристалликов льда, выстилающих внутреннюю поверхность полусферического свода, снежная хижина «иглу» заполняется равномерно распределённым светом. Если в жилище, выполненном в виде параллелепипеда, в двугранных углах, образованных стенами, скапливается темнота, то в снежной хижине «иглу» нет мест, которые лежали

бы в тени. Более того, если встать спиной к источнику света, то в снежной хижине «иглу» можно спокойно, без какого-либо напряжения читать книгу, поскольку отбрасываемая на книгу тень будет почти незаметна. При этом пасмурным днём в хижине настолько светло, что можно читать и писать без искусственного освещения, а в солнечные дни свет становится таким ярким, что можно заболеть «снежной слепотой». Ночью, когда светит Луна, хижина освещается слабым зеленоватым светом, при котором можно свободно передвигаться по хижине, не боясь натолкнуться на расположенные в ней предметы. Это объясняется тем, что снег, из которого построена хижина, имеет большую прозрачность для видимого спектра электромагнитных волн и хорошо пропускает внутрь неё как прямые, так и отражённые от поверхности Луны солнечные лучи.

Снежную хижину «иглу» можно построить двумя способами. Первый способ состоит в том, что снежные кирпичи укладываются в кольцо с прямоугольным поперечным сечением и осевой линией в виде окружности. Это значит, что снежная хижина «иглу» состоит из нескольких горизонтальных слоёв кирпичей, уложенных друг на друга. При этом каждый кирпич последующего слоя опирается на кирпичи предыдущего слоя только одной нижней гранью. Второй способ состоит в том, что снежные кирпичи укладываются в винтовую поверхность с прямоугольным поперечным сечением и осевой линией в виде винтовой линии, принадлежащей сфере. Это значит, что снежная хижина «иглу», построенная по второму способу, представляет собой один слой кирпичей, опоясывающий её от основания сферического купола до его вершины. При этом каждый кирпич связывается с другими кирпичами двумя гранями, а именно: нижняя грань опирается на кирпич, принадлежащий нижнему витку винтовой поверхности, в то время как одна из его боковых граней прижимается силой земного тяготения к предыдущему кирпичу из текущего витка винтовой поверхности.

Разумеется, эскимосы, как и их далёкие предки, предпочли второй способ построения снежной хижины «иглу», – первый способ они оставили европейцам, которым почему-то кажется, что кольцевой способ кладки снежных кирпичей гораздо проще винтового способа. Как предки нынешних обитателей Крайнего Севера могли узнать о чудесных свойствах винтовой линии, построенной на поверхности сферы, до сих пор остаётся загадкой.

Однако вернёмся к нашим кирпичам. Первоначально все кирпичи, кроме кирпичей нижнего ряда, имеют размеры $60 \times 40 \times 15$ см. При этом кирпичи, предназначенные для первого нижнего ряда, имеют размеры $70 \times 50 \times 20$ см. Когда хижина строится по первому способу, первоначальная прямоугольная форма снежных

кирпичей сохраняется только в первом ряду. Потом кирпичи обрезаются так, чтобы придать им трапециевидную форму, а при укладке последнего ряда сферического купола кирпичи приобретают форму треугольников. Когда хижина строится по второму способу, кирпичи первого ряда также имеют прямоугольную форму, а все последующие кирпичи, в том числе и кирпичи последнего ряда сферического купола, имеют вид неправильных многоугольников.

Рассмотрим особенности кладки снежных кирпичей по винтовой линии. После того как первый нижний ряд кирпичей приобретёт форму кольца, первые его три кирпича срезаются по наклонной прямой линии, идущей от верхней правой вершины передней грани третьего кирпича до середины первого кирпича, которая определяется как точка пересечения диагоналей его передней грани. Первый кирпич второго ряда укладывается в выемку первого кирпича первого нижнего слоя, а все последующие кирпичи второго ряда укладываются на кирпичи предыдущего слоя. Это обеспечивает не только придание кирпичной кладке форму винтовой поверхности, но и перекрывание каждым кирпичом верхнего ряда стыков кирпичей, лежащих в нижнем ряду.

Чтобы придать снежной хижине «иглу» сферическую форму, кирпичи устанавливаются с наклоном внутрь. Угол наклона кирпичей должен постепенно увеличиваться от 0° в первом нижнем слое до 90° в последнем слое, примыкающем к вершине сферического купола. Кроме того, с каждым очередным витком винтовой поверхности размеры снежных кирпичей должны уменьшаться. Подгонка кирпичей осуществляется по месту их установки. При этом боковые грани подрезаются так, чтобы длина верхней грани кирпича каждого последующего ряда постепенно уменьшалась, а форма кирпича напоминала форму неправильной трапеции.

Поскольку величина угла наклона кирпичей и подгонка их формы выполняются приблизительно, на основании опыта строителей хижины, её форма лишь отдалённо напоминает полусферу. Кроме того, по причине того, что кирпичи представляют собой многогранники и устанавливаются с наклоном, в стыках между ними неизбежно образуются щели, которые после окончания строительства заделываются снегом. Это делает форму хижины ещё более грубой и далёкой от совершенства, хотя некоторые отступления внешнего вида хижины от строгой геометрической формы никак не сказываются на её способности защищать от непогоды её обитателей и обеспечивать им приемлемые условия жизни.

Выводы

Таким образом, снежная хижина «иглу» являет собой непревзойдённый образец жилища,

приспособленного к данным природным условиям, в частности, к суровым условиям Крайнего Севера. Это обусловлено тем, что снежная хижина «иглу» обеспечивает достаточно комфортные условия проживания при крайне низких температурах окружающего воздуха и в то же время требует минимальных затрат энергии для её обогрева и освещения. Показано, что энергосбережение и экологическая безопасность снежной хижины «иглу» достигается за счёт её геометрической формы, строительного материала и системы вентиляции. Кроме того, важную роль в обеспечении энергетической эффективности играет рациональное использование энергии Солнца, которое является надёжным источником света не только в солнечные и пасмурные дни, но и ночью. Это говорит о том, что уже 30000 лет тому назад предки эскимосов знали всё о технологиях энергосбережения и экологической безопасности, которые помогают человеку выжить в суровых природных условиях Крайнего Севера. Поэтому современным строителям необходимо внимательно изучать быт и культуру коренных народов мира, чтобы творчески использовать их опыт для строительства энергетически эффективных и экологически безопасных домов в тех природных условиях, в которых они издревле живут. Полагаем, что следующим направлением работы будет определение формы и размеров, которые необходимо придать снежным блокам, чтобы хижина «иглу» имела строго сферическую форму, которую сложно достичь существующими способами её постройки.

Литература

1. Головнёв А. В. Антропология движения / А. В. Головнёв. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2009. – 497 с.
2. Головнёв А. В. Феномен колонизации / А. В. Головнёв. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2015. – 592 с.
3. Кузнецов М. А. Снежные хижины «иглу» / М. А. Кузнецов. – М.-Л. : Изд-во Главсевморпути, 1949. – 38 с.
4. Стефансон В. Гостеприимная Арктика / В. Стефансон. – Л. : Изд-во Главсевморпути, 1935. – 243 с.
5. Расмуссен К. Великий санный путь. 18000 километров по неисследованным областям Арктической Америки; пер. с датского А. В. Ганзен / К. Расмуссен. – Л. : Изд-во Главсевморпути, 1935. – 251 с.
6. Берман А. Е. Юный турист / А. Е. Берман. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 153 с.
7. Чекотило Л. М. Применение снега, льда и мерзлых грунтов в строительных целях / Л. М. Чекотило. – М.: Изд-во АН СССР, 1945 – 224 с.
8. Сергейчук О. В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / О. В. Сергейчук. – К., 2008. – 39 с.

SNOW HUT «IGLOO» IS A ENERGY RESOURCE CONSERVATION HOUSE OF ABORIGINES OF THE FAR NORTH

Summary: The article is devoted to the snow hut «igloo», which is the unsurpassed specimen of dwelling, adjusted to the environmental conditions of the Far North. This is explained by that a snow hut «igloo» provides comfortable enough conditions of existence at the extremely low temperatures of surrounding air and at the same time requires the minimum expenses of energy for its heating and illumination. Energy resource conservation and environmental safety of snow hut «igloo» achieved due to its geometrical form, build material and system of ventilation is showed.

Keywords: igloo, energy resource conservation, environmental safety.