

Использование солнечной энергии в северных районах

Москва, 1981

Два проекта домов колледжа Маниту с системой воздушного солнечного отопления.

Основное направление поиска в Канаде.

Описание суперизолированного дома со стеной Тромба фирмы "Concept Construction".

Описание суперизолированного дома фирмы "Enercon Building Corporation".

Три проекта домов для эскимосов с оригинальным решением коллекторов.

Печатается с сокращениями.

Значительный интерес представляют четыре дома, построенные для индейской общины в провинции Квебек по проектам архитектурной школы университета *McGill*. При проектировании учитывались социально-культурные потребности и этнографические особенности жизни индейцев, кроме того, местное население принимало участие во всех стадиях осуществления проекта.

Проекты предусматривают использование природных источников энергии (солнечной и ветровой), местных строительных материалов, местной рабочей силы и отходов в виде пластмассовой тары из-под напитков и других жидкостей. Два здания построены в колледже Маниту в 170 км к северу от г. Монреаля, один дом в пос. Мистассини в 545 км к северу от г. Монреаля и ещё один — около 320 км к востоку от пос. Матагами.

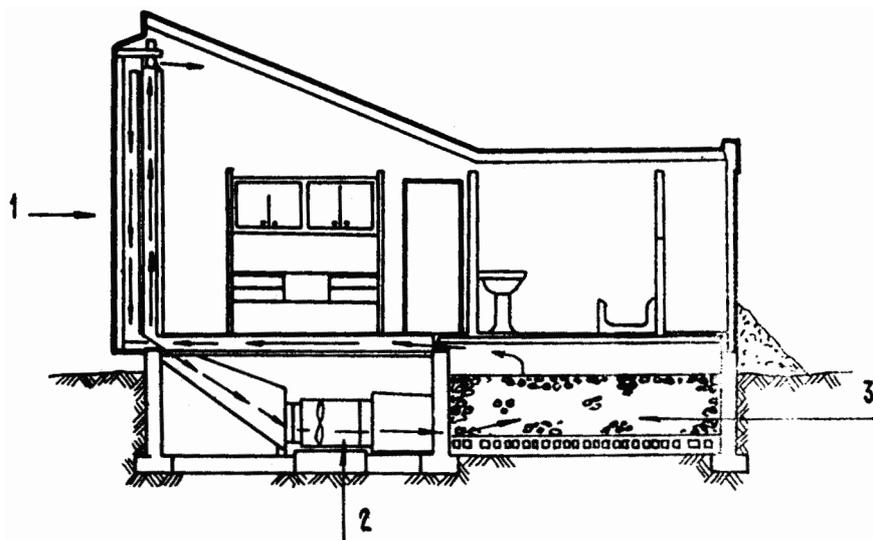


Рис. 3. Поперечный разрез дома с солнечным воздушным отоплением (Канада):

1 — коллектор; 2 — вентилятор; 3 — гравийный тепловой аккумулятор.

Отличаясь по архитектурно-планировочным решениям, все здания оборудованы системой воздушного отопления с использованием солнечной энергии. Для снижения теплопотерь северные стены всех домов имеют меньшую высоту, а для теплоизоляции стен дополнительно использован мох, в изобилии растущий в этой местности.

В системах солнечного отопления применены различные конструктивные решения. Один из домов колледжа Маниту оборудован абсорбером-аккумулятором солнечного тепла в виде массивной теплоёмкой стены Тромба из бетонных блоков. Снаружи она ограждена двумя слоями прозрачного стеклопластика и шторой, закрывающейся на ночь. Люки в перекрытиях регулируют подачу нагретого воздуха в помещения.

Во втором доме воздух из коллектора направляется сверху вниз вентилятором в гравийный аккумулятор, расположенный в подвале (рис. 3). Для обогрева помещений в холодное время суток тёплый воздух из аккумулятора следует по каналам, проходящим под полом, что способствует созданию более комфортных условий.

В других домах для аккумуляции тепла используется освободившаяся тара от напитков и нефти, заполненная водой. В Мистассини в состав дома ещё включена теплица, которая также является источником тепла.

По мнению автора статьи *McCallum B.*, если эти дома оправдают надежды, то они окажут заметное влияние на проектирование и строительство северных жилищ в будущем.

В качестве самого оригинального проекта, представленного на выставку *Habitat—76*, отмечается проект здания «Арк». Здание площадью 325 м² включает жилые помещения, теплицу для выращивания овощей и водоём для разведения рыбы. Последние имеют важное значение в местных условиях для обеспечения местного населения продуктами питания. Солнечная отопительная система включает коллекторы из медных трубок общей площадью 76 м², резервуар для воды (теплохранилище) ёмкостью 100 м³ и гравийный аккумулятор тепла от теплицы объёмом 85 м³. Электроэнергия для освещения, а также для вентиляторов вырабатывается ветровыми генераторами. Дом подключается к местной электросети, которая даёт дополнительную энергию в безветренную погоду и в которую будут направляться возможные излишки электроэнергии, вырабатываемой ветровыми генераторами.

Автор статьи попытался сделать экономическую оценку гелиосистем и пришел к ориентировочному выводу, что система солнечного воздушного отопления в течение первых 7 лет эксплуатации будет стоить дороже, чем газовая, нефтяная или электрическая, но после этого срока станет более экономичной. Кроме того, солнечные системы уменьшают возможность возникновения пожара и значительно меньше загрязняют окружающую среду.

Исследования показали, что по метеорологическим условиям использование солнечной энергии для теплоснабжения зданий возможно во всех городах Канады, которые расположены в южной зоне страны.

В последующие годы в канадских архитектурно-строительных журналах появились описания различных проектов по утилизации солнечной радиации. Некоторые из них осуществлены. Среди них административные, торговые и жилые здания разной этажности, а также комплекс отдыха для туристов.

Подход к решению проблемы экономии топливных ресурсов и энергии в Канаде в основном отличается от США. Если в США больше внимания уделяется разработке эффективных активных солнечных систем, например, с коллекторами для нагрева воды, для сокращения расхода топлива, то в Канаде основным направлением поисков являются уменьшение теплопотерь зданием и возмещение их пассивным нагревом солнечными лучами, а также использованием энергии, выделяемой различными источниками тепла — осветительной арматурой, бытовыми электроприборами и даже людьми. Об этом писал в 1980 г. Дж. Дэллейр, рекомендуя канадский опыт для внедрения в США так называемых суперизолированных домов с малым потреблением энергии на отопление. Например, канадская фирма «*Concept Construction*» в провинции Саскачеван за 1978 и 1979 гг. построила 20 таких домов. Проектирование и строительство подобных домов продолжается. Климатические условия провинции Саскачеван характеризуются зимней расчётной наружной температурой —34,5°С и в среднем 6,1 тыс. градусо-дней отопительного периода.

В домах фирмы «*Concept Construction*» предусмотрены различные конструктивные

меры по сокращению теплопотерь. Основными из них являются: суперизоляция наружных стен и перекрытий (соответственно в 3 и 2 раза выше нормативной), обеспечение паро- и воздухопроницаемости ограждений полиэтиленовой плёнкой, применение теплообменников для нагрева поступающего свежего воздуха теплом удаляемого воздуха, пассивное использование солнечной энергии.

Пример планировки дома этой фирмы показан на рис. 4. В северной стене устраивается только одно окно для освещения кухни. Минимальное количество окон также в западной и восточной стенах. Предусмотрен входной тамбур. Всё это сокращает теплопотери. Южная стена полностью остеклена. При этом лишь треть остеклённой поверхности используется для естественного освещения и инсоляции общей жилой комнаты. В остальной части стены за остеклением размещена железобетонная стеновая панель толщиной 25 см с окрашенной в чёрный цвет наружной поверхностью (стена Тромба, рис. 5). Зазор между этой панелью и внутренним стеклом, равный 5 см, образует своего рода высокую и тонкую теплицу. Солнечная радиация, проходя через остекление, поглощается чёрной поверхностью бетонной стены и нагревает её.

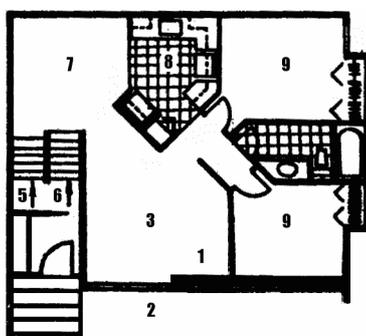


Рис. 4. План жилого дома фирмы “Concept Construction” (Канада):

1 — стена Тромба; 2 — двойное остекление; 3 — жилая комната; 4 — входной тамбур; 5 — лестница вверх; 6 — лестница вниз; 7 — столовая; 8 — кухня; 9 — спальня.

В промежутке между стёклами (15 см) двойного остекления по всей длине фасада автоматически опускаются на ночь теплоизоляционные алюминизированные нейлоновые шторы. Они приводятся в действие электродвигателем, управляемым термочувствительными элементами. Это позволяет резко сократить теплопотери здания в холодное время суток. Летом эти шторы могут использоваться для защиты помещений от перегрева. Для этого они опускаются в дневное время и поднимаются вечером. Важно разместить шторы именно между слоями остекления, что предохранит внутреннее стекло от переохлаждения и возможного оледенения.

Важным моментом является герметизация наружных ограждающих конструкций полиэтиленовой плёнкой. Помимо того, что она препятствует теплопотерям за счёт инфильтрации воздуха, в качестве пароизоляции предохраняет теплоизоляционный слой от намокания конденсатом внутреннего воздуха. Для системы вентиляции использован воздушный теплообменник в подвальном помещении, который позволяет извлечь из отработанного воздуха 80% тепла. Циркуляция воздуха в помещениях дома естественная. Лишь для кухни и ванной комнаты применяют вентилятор в системе вентиляционных каналов. Стоимость типового дома площадью 93 м² с малым потреблением энергии увеличилась за счёт повышения стоимости южной стены, дополнительной теплоизоляции и использования воздушного теплообменника. Применение напольных электрообогревателей вместо обычных печей даёт также эконо-

мию. В итоге продажная стоимость дома (включая стоимость земельного участка) повышается на 3—5%.

Другой фирмой — новатором в области строительства жилых домов с малым потреблением энергии является фирма “*Enercon Building Corporation*”. В типовом 2-этажном доме этой фирмы, имеющем жилую площадь 153,5 м² и отапливаемый подвал 83,6 м² для сокращения расходов на отопление предусмотрено следующее:

теплоизоляция стен плитами из стекловолокна и снаружи пористым теплоизоляционным материалом толщиной 51 мм по сравнению с домами обычного типа теплоизоляция для стен повышена в 3,2, для чердачного перекрытия — в 2,6 раза;

утепленные ставни на всех окнах, закрываемые на ночь;

большая площадь остекления южной стены;

полиэтиленовая воздухо- и пароизоляция;

воздушный теплообменник;

внутренние тамбуры у входных дверей;

двойное или тройное остекление окон;

воздухораспределительная система со встроенным электронагревателем.

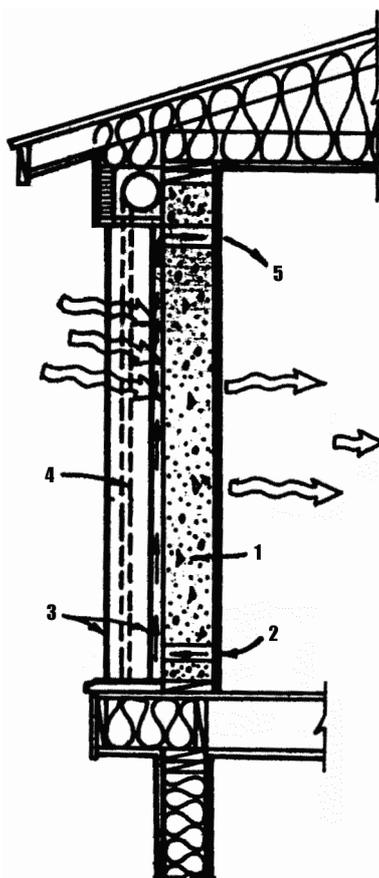


Рис. 5. Поперечное сечение южной стены дома фирмы “*Concept Construction*”:

1 — стена Тромба; 2 — холодный воздух; 3 — двойное остекление; 4 — теплоизолирующая штора; 5 — нагретый воздух.

При нагреве солнечными лучами воздуха внутри помещения выше нормы включа-

ется вентилятор, подающий тёплый воздух в бак с отсеками, наполненными водой. Аккумулированное таким образом тепло используется ночью. Так как пассивная солнечная система не может нагреть равномерно все комнаты, предусмотрена воздухо-распределительная система.

Лишь при наружных температурах ниже -10°C требуется периодическое включение электрического обогревателя.

Эта фирма построила 15 домов со средним снижением расхода энергии на 60%. К концу 1980 г. она намеревалась сдать в эксплуатацию ещё 50 домов, а также дополнить сооружаемые дома матерчатыми теплоизолирующими шторами в пространстве между оконными стёклами. Нововведение доведёт экономию энергии до 80—90%.

Меры, принятые в домах этой фирмы для уменьшения тепловпотерь, приводят к удорожанию дома на 7—8%. Но, сокращая расход дефицитных источников энергии, они должны быть выгодны домовладельцу и всем.

К началу 1980 г. в Канаде различными фирмами было построено около 200 жилых домов с малым потреблением энергии на отопление. Результаты обследования 50 таких домов, проведённые Канадским национальным исследовательским советом, показали, что для типового дома площадью 102 м² мероприятия по сокращению энергии приводят к повышению продажной стоимости на 4—8% собственно дома или на 3—6% с учётом стоимости земельного участка. Суперизолированный дома в климатических условиях провинции Саскачеван должен окупиться за 6 лет при электроотоплении и нефтяном отоплении и за 15 лет — при использовании газа для отопления.

Уменьшение тепловых затрат на отопление позволяет значительно сократить общественные капиталовложения на строительство теплоэлектростанций. Другими аргументами в пользу сокращения расхода топливных ресурсов являются: возможность использования топлива в качестве сырья химической промышленности; уменьшения попадания в атмосферу кислот при сжигании угля и двуокиси серы — при других процессах; сокращение загрязнения атмосферы углекислым газом, что может существенно изменить климат планеты.

Однако, как отмечается в статье Дж. Дэллейра, ещё не удалось убедить большую часть застройщиков в целесообразности первоначального удорожания дома с тем, что через пять лет ежемесячная плата за него будет ниже, чем за обычный дом.

Заслуживает внимания предложение провести кампания по разъяснению широким массам населения вопросов эффективности использования энергии в домах разного типа. Кроме того, отмечается необходимость классификации домов по потребляемой энергии и высказывается мнение о целесообразности материального стимулирования строителей, внедряющих эффективные по расходу энергии жилые дома.

США (Аляска). Состояние проблемы использования солнечной энергии на Аляске достаточно полно характеризуется материалами, рассматриваемыми ниже.

Архитектор *Hai-Toh Lim* обращает внимание на осложнившуюся в последнее время обстановку по обеспечению топливом деревень в удалённых районах Аляски. Некоторое улучшение культурно-бытовых условий жизни в этих деревнях сопровождается увеличением жилой площади и требует дополнительного расхода топлива, которое на Аляске в основном является привозным. Поэтому проблема освоения других источников энергии и, в частности, солнечной становится всё более актуальной. В северных районах Аляски потребность в отоплении сохраняется не только весной и осенью, но и летом, а в эти сезоны количество часов солнечного сияния весьма велико.

Автор статьи считает, что для арктических деревень целесообразно ориентироваться на недорогие и простые по осуществлению системы солнечного отопления, которые возьмут на себя лишь часть общего теплоснабжения. Такие системы менее эффективны, но более надёжны в эксплуатации, без сложного оборудования и являются лучшим вариантом для отдалённых северных районов. Весьма важно в этих условиях — сокращение до минимума теплопотерь зданием.

В статье даётся описание проектных разработок трёх домов для эскимосов. При проектировании домов основными предпосылками была ориентация на использование обычной техники, освоенной местными жителями, и материалов, легко обрабатываемых и доставляемых на отдалённые строительные площадки. Конструкция домов позволяет легко осуществить расширение, вносить архитектурные изменения, которые весьма желательны в условиях однообразного ландшафта территории тундры.

По мнению автора статьи, успех внедрения новой системы зависит от убеждённости потребителей в целесообразности её применения и ясности преимуществ перед существующими традиционными системами. Поэтому разработке проектов жилых домов для северных народностей должно предшествовать изучение на месте особенностей образа жизни, обсуждение проектных предложений с представителями этого населения, а также со специалистами, имеющими опыт жилищного строительства на Севере.

При проектировании домов для арктических деревень *Hai-Toh Lim* использовала следующие приёмы объёмно-планировочных и конструктивных решений:

для защиты от оттаивания вечномерзлых грунтов деревянные столбчатые фундаменты опираются на гравийную отсыпку, а под зданиями оставлено открытое проветриваемое подполье;

входы имеют двойные тамбуры;

северная стена здания минимальной высоты с минимальными окнами;

стены и перекрытия каркасной конструкции с обшивками из фанеры, с теплоизоляцией из стекловолокна и воздухо- и пароизоляцией;

отопление осуществляется печью на дровах или мазуте и пассивной солнечной системой.

Во всех проектах применено одно оригинальное решение коллекторов (рис. 6). Вместо обычно применяемой в пассивных системах массивной теплоёмкой стены используется легкая каркасная панель с обшивками из фанеры и эффективной теплоизоляции из стекловолокна. Для увеличения абсорбирующей поверхности к наружной обшивке прибавляются «четверти» металлических консервных банок из-под напитков, обычно выбрасываемых на свалку. Все они и наружная поверхность фанеры окрашиваются в тёмный цвет. На расстоянии 90—100 мм от обшивки размещаются два светопрозрачных стеклопластиковых листа с зазором между ними 20—25 мм. Вызывает некоторое сомнение надёжность такой конструкции, так как при сильном нагреве фанеры возможны её деформация и расслаивание.

Дальнейшее движение поднимающегося вверх нагретого коллектором воздуха в различных вариантах здания проходит по разному.

В первом проекте — 2-этажном доме — нагретый воздух попадает в гравийный аккумулятор, расположенный на междуэтажном перекрытии. Отдав тепло, воздух опускается в зазор между теплоизолированной наружной стеной и панелью коллектора и снова перетекает к нагреваемой солнцем поверхности. Тепло из аккумулятора используется для нагрева воздуха в помещении и воды в бочках, установленных в гра-

вийной засыпке.

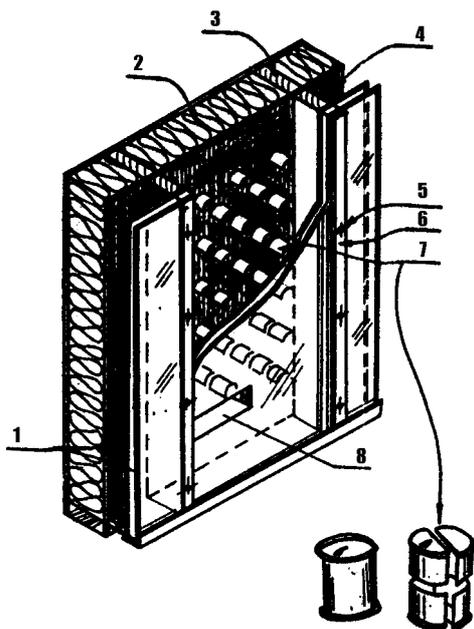


Рис. 6. Конструкция солнечного коллектора домов для Аляски (США):

1 — светопрозрачный стеклопластик; 2 — стекловолокно; 3 — стойки каркаса; 4 — фанера, окрашенная в чёрный цвет; 5 — гвозди; 6 — рейка; 7 — «четверти» консервных банок; 8 — отверстие для воздуха.

Для большей эффективности комбинированной системы отопления *Hai-Toh Lim* предлагает установить вентилятор (электрический или работающий от самодельного роторного ветрового двигателя) для направления тёплого воздуха, скапливающегося под потолком второго этажа, по вертикальному вентканалу в уровень пола первого этажа.

Во втором проекте — доме с помещениями в трёх уровнях — к коллектору вплотную примыкает вертикальный гравийный аккумулятор тепла с промежуточной тоже вертикальной стенкой, удлиняющий путь прохождения воздухом толщи засыпки. Такое решение без принудительной циркуляции воздуха вряд ли оправдано. Возможно, что при охлаждении в первом отсеке воздух будет опускаться, но для подъема его во втором отсеке нужно создать дополнительное давление.

Третий проект — наиболее интересный. Это одноэтажное здание с двускатной крышей (рис. 7). Его размеры в плане 7,3х9,1 м. В отличие от двух других домов, автор статьи относит его систему солнечного отопления к категории активных, так как здесь обязательна принудительная циркуляция воздуха.

Источниками тепла в данном случае являются также обычная печь на твердом или жидком топливе и солнечный коллектор, совмещённый с наружной южной стеной. Нагретый коллектором воздух поступает в помещение через люки (закрываемые на ночь и в холодную пасмурную погоду) под потолком и, смешавшись с тёплым воздухом от печи вентилятором направляется по вертикальному воздуховоду вниз, в подпольное пространство, заполненное гравием, аккумулирующим тепло. Отсюда оно поступает через пол и специальные зазоры вдоль стен в помещение. Благодаря такому решению достигается одна из основных целей при строительстве дома на Севере — обогрев пола и создание лучшего микроклимата.

Не надёжным, хотя и интересным, является решение использовать для вращения

вентилятора ветровой двигатель. В холодную безветренную погоду система отопления работать не будет.

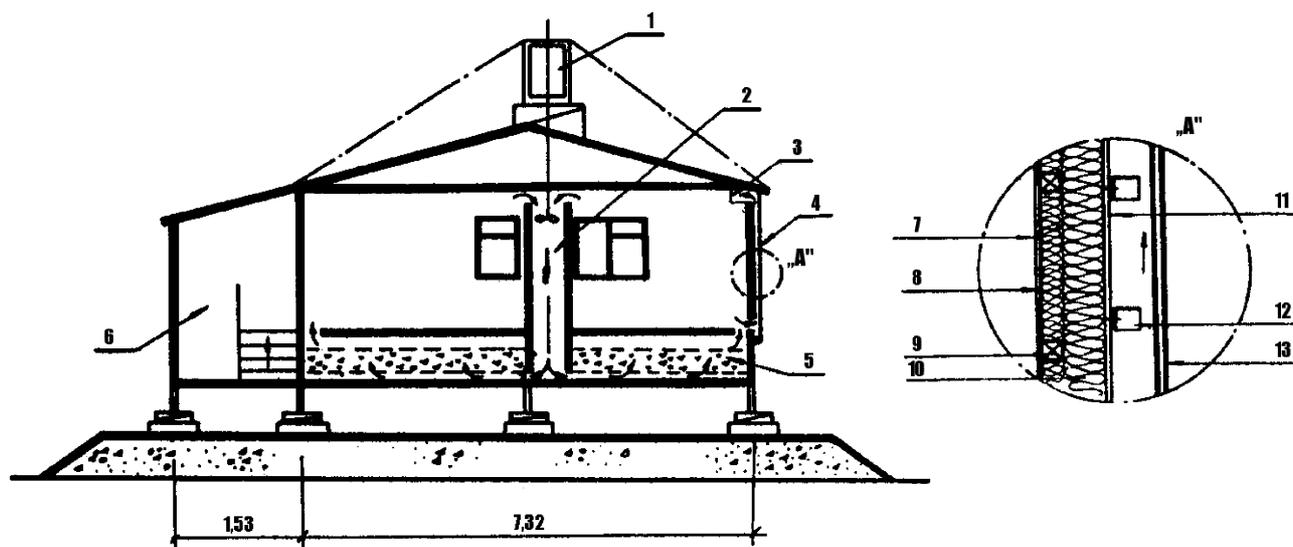


Рис. 7. Поперечный разрез дома для Аляски (США; третий проект):

1 — ветровой роторный двигатель для вентилятора; 2 — вертикальный воздуховод с вентилятором; 3 — люки для нагретого воздуха; 4 — солнечный коллектор южной стены; 5 — гравийный тепловой аккумулятор; 6 — холодный тамбур-кладовая; 7 — фанера 12 мм; 8 — пароизоляция; 9 — деревянные бруски 50x50 мм; 10 — деревянные стройки 50x100 мм (пространство между облицовками заполнено стекловолокном); 11 — фанера 15 мм, окрашенная в тёмный цвет; 12 — разрезанные консервные банки, прибитые к фанере; 13 — два слоя светопрозрачных стекловолоконистых пластин (зазор 18 мм).

Удачна планировка здания. С северной стороны расположена более низкая неотапливаемая кладовая, через которую осуществляется вход в дом. Окон на северной стороне нет. Всё это снижает теплопотери, вызываемые северными ветрами. Остальные окна с тройным остеклением и теплоизоляционными шторами.

Для всех домов применена эффективная теплоизоляция из стекловолокна. Благодаря малой массе и простоте упаковки транспортировка её в удалённые районы не представляет трудностей. Толщина теплоизоляции не менее 20 см в наружных стенах, 25 см в нижнем перекрытии и 37 см — в верхнем. Каркас стен образуется деревянными стойками сечением 5x10 см, располагаемыми в шахматном порядке для исключения холодных мостиков. Основные параметры домов и характеристика элементов системы солнечного отопления даны в табл. 3.

Таблица 3. Основные параметры домов по проектам *Hai-Toh Lim*

№ проекта	Размеры дома в плане, м	Общая площадь пола, м ²	Суммарная площадь оконных проёмов, м ²	Площадь коллектора, м ²	Объём гравийного аккумулятора, м ³
1	6,1x7,3	89,2	10,2	22,3	9,2
2	7,3x7,3	73,0	7,4	20,1	10,2
3	9,1x7,3	53,5	5,1	14,9	8,5

Из табл. 3 следует, что площадь коллекторов во всех проектах равна 27,5—27,8%

от площади пола. Объём теплохранилища составляет 0,10; 0,14, 0,16 м³/м² площади пола.

Прототип коллектора был изготовлен размера 1,2х2,4 м и испытан в естественных условиях в г. Фэрбенксе. В солнечные весенние дни он повышал температуру поступающего в него воздуха на 45°С, производя примерно 3500 ккал тепловой энергии.

Расчёты, выполненные по специальной программе на ЭВМ применительно к радиационно-климатическим условиям трёх населённых пунктов Аляски, позволили оценить долю теплообеспечения домов по проекту № 1 солнечной энергией в отдельные месяцы и в целом за год. Также определены сроки окупаемости дополнительных затрат на солнечную установку (табл. 4).

Таблица 4. Солнечная энергия в теплообеспечении дома на Аляске (проект № 1)

Населенный пункт	Географическая широта	Отопительный период град.-дней	Доля солнечной энергии, %				Окупаемость, лет
			февраль	март	апрель	год	
Барроу	71°47'	11182	17,3	30,9	32,3	13,8	3
Бетел	60°47'	7331	17,4	35,5	39,9	17,9	4
Фэрбенкс	60°49'	7933	10,5	31,6	40,3	17,3	4

Для проектов № 2 и 3 расчётная доля солнечной энергии в годовом теплообеспечении выше. Для Барроу, Бетела и Фэрбенкса она соответственно равна 16,2; 21,5; 20,0% - для проекта № 2, и 16,8; 22,4; 20,7% — для проекта № 3 (см. табл.3).

Интересны результаты обсуждения проектов с местными жителями Аляски — эскимосами. Они одобрили все принципиальные решения, включая планировку домов, и хотели бы видеть их в осуществлённом виде. И если работоспособность солнечной системы подтвердится, считают, что первый же дом явится «вспышкой» для массового строительства подобных.

По заявлению автора статьи, работа выполнена с целью привлечь внимание к проблеме использования солнечной энергии и интенсификации исследований этого вопроса в районах Севера.