



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

по производству и применению
грунтовых необожжённых блоков

«Развитие производства экономически эффективных
строительных материалов в Кыргызской Республике
с целью создания рабочих мест и поддержки
предпринимательской деятельности»



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ РАЗВИТИЮ



ISID INCLUSIVE AND
SUSTAINABLE
INDUSTRIAL
DEVELOPMENT



ПРОГРАММА ПРОМЫШЛЕННОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

ВМЕСТЕ К НОВЫМ
ВЫСОТАМ



**Организация Объединенных
Наций по промышленному
развитию**

Венский Международный Центр
P.O. Box 300, 1400
Вена, Австрия
Тел.: (+43-1) 26026-3570
Факс: (+43-1) 26026-6842
E-mail: IUMP@unido.org
<http://www.unido.org/iump>



ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

по производству и применению
грунтовых необожжённых блоков



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ РАЗВИТИЮ

КРАТКИЙ ОБЗОР

Выбор материалов и технологий – это два одновременно протекающих процесса. Такие материалы, как натуральное волокно, глина, известняк, горные породы и древесина, применялись в различных формах для строительства жилья с самого зарождения человеческой цивилизации. Помимо традиционного применения перечисленных материалов, их также использовали в инновационной деятельности для строительства более толстых стен, скатной крыши, деревянных укреплений и фундамента, таким образом приспосабливаясь к различным климатическим условиям. Начало использования кирпичей из обожженной глины, а также других строительных материалов, включая сталь и цемент для производства бетона, изменили общий подход к строительству зданий. Синтетические и полимерные материалы также сыграли важную роль в разработке многих видов новых, инновационных строительных материалов, особенно для производства дверных и оконных рам и других заменителей древесины в строительстве.

Многие развивающиеся страны заимствовали большинство из вышеперечисленных технологий и применили их в городском строительстве. Несмотря на широкое применение подобных строительных материалов при возведении высотных сооружений, такие свойства как высокое энергопотребление и низкая экологичность вызывают потребность применения альтернативных технологий производства и видов стройматериалов. В связи с глобальным потеплением наметилась острая потребность в энергосберегающих технологиях, приводящая к необходимости систематического применения местных материалов, новых механизмов и технологий с учетом предыдущего опыта.

ЮНИДО, совместно с национальными партнерами, реализуют проект технического

по, развитию производства экологичных, энергоэффективных и доступных строительных материалов для жилищного сектора в Кыргызстане, путём внедрения инновационных технологий, включая такие технологии как производство стабилизированных грунтовых необожженных блоков. Значительная часть населения Кыргызстана по-прежнему использует для строительства жилья необожженный глиняный кирпич ручного формования, саман, на глинистом растворе и нуждается в механизации процесса выпуска кирпичей. Предлагаемое проектом оборудование позволяет эффективно механизировать процесс производства стабилизированных блоков из грунта.

Данное техническое руководство по производству и применению грунтовых необожженных блоков охватывает все аспекты технологии, включая историю вопроса, выбор сырьевых материалов, подбора состава формовочной смеси, прессование, уход за готовыми изделиями, технические спецификации, а также применение при строительстве жилых зданий.

В руководстве также предоставлены ссылки на источники по различным аспектам технологий грунтовых необожженных блоков, которые также позволят расширить информированность среди предпринимателей, инженеров и исследователей о новых технологиях и методах производства строительных материалов.

**Амит Рай, доктор наук,
международный консультант**

Введение

Изготовление кирпича 1
Примеры стабилизации грунта

**Производство грунтовых
необожжённых блоков** 2
Оборудование и технологии

Выбор материалов 3
Пригодность грунта
Стабилизация грунта
Основные сырьевые материалы

Складирование и уход за блоками 4
Важные моменты при складировании и
уходе за блоками
Техническая спецификация пазогребневых
блоков

Экологические аспекты использования 5

Строительные системы Hydraform 6

Список использованной литературы

Заключение

Краткая информация о проекте ЮНИДО

ВВЕДЕНИЕ

С незапамятных времён строительные материалы применялись различными способами в зависимости от имеющихся ресурсов и условий окружающей среды с целью обеспечения безопасных и удобных жилищных условий.

Первобытные люди жили в пещерах, но с течением времени они научились применять природные материалы, такие, как грунт, камни и дерево, находящиеся вокруг них, для строительства жилья. Грунт и глина были одними из первых строительных материалов, получившими распространение благодаря простоте прессования и хорошим адгезионным свойствам с натуральными волокнами. Адгезионные свойства глины облегчают работу с ней, позволяя придавать материалу различную форму. Солома, трава, яичная скорлупа и другие сельскохозяйственные отходы и волокна применялись для повышения прочности и устойчивости к погодным условиям. Для формирования сырцового кирпича, в который добавляли навоз, использовали деревянные формы. Для строительства массивных глинобитных стен грунт утрамбовывался в деревянных опалубках.

В древние времена для строительства также применялись необработанные лесоматериалы, такие как, ветки, тростник, камни и известняк. В районе Арктики эскимосы использовали лед для строительства жилья. В строительстве часто применялись каменные глыбы и большие валуны. Существует множество примеров из древних времен, т.н. циклопической архитектуры, состоящей из крупных, неострых каменных глыб, сложенных или сцепленных вместе посредством различных связующих материалов. Большое количество религиозных сооружений были построены с применением натурального сырья.


С течением времени человеческая цивилизация пришла к более наиболее усовершенствованным

и универсальным композитным строительным материалам таким, как цемент, бетон и поризованный бетон. Бетон производится из песка и гравия при смешивании с цементом и водой. При затверждении смесь становится прочной как камень. Бетонная смесь сразу по приготовлению является подвижной и ее можно легко заливать в опалубку, придавая различные формы. В силу того, что бетон не является пластичным материалом, его зачастую армируют сталью или другими материалами. Существует множество примеров применения поризованного бетона для ограждающих конструкций с тем, чтобы здание было более легким и прочным.

Новые технологии сделали возможным и практичным строительство с применением металла. Высотные здания построены в основном с применением металлического каркаса. Сталь традиционно была наиболее подходящим металлом для такого строительства, но сегодня некоторые сплавы являются более предпочтительными благодаря большей коррозионной стойкости.

Синтетические материалы являются другими широко распространёнными современными строительными материалами. По сравнению с металлом и многими другими материалами, синтетические материалы имеют малый вес и сравнительно низкую стоимость. Пластик зачастую применяется для производства труб и отделки интерьера здания. В настоящее время древесно-пластиковые композитные материалы являются новой альтернативой пришедшей на смену традиционной древесине.

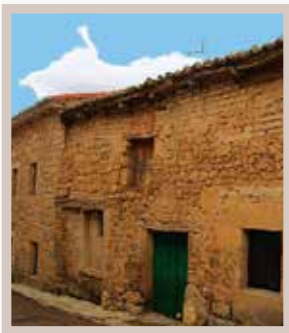
Тем не менее, сельское население по-прежнему использует различные формы традиционных кирпичей и блоков из глины благодаря их доступности и хорошим теплоизоляционным и



акустическим свойствам. Глиняные обожженные кирпичи до сих пор остаются одним из основных строительных материалов для возведения стен зданий и сооружений во всем мире. Керамические напольные плитки и кровельная черепица, производимые из глины, также являются широко распространенными во многих странах.

Далее представлено подробное техническое описание различных аспектов производства глиняных необожженных блоков, включая подробное сырьевых материалов, состава формовой смеси, процесс прессования, методы выдерживания и технические возможности с различными видами оборудования. Внедрение и информирование о данном типе производства позволит расширить знания о подобных методах производства экономически и экологически эффективных видов строительных материалов.

Примеры зданий, построенных из глины и грунтовых материалов:



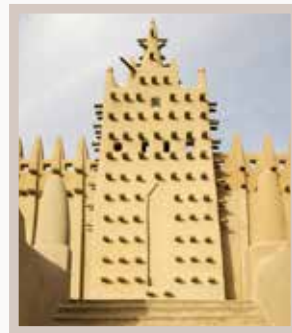
ЖИЛОЙ ДОМ
ЕГИПЕТ И ИРАК

дом, построенный
с применением
сырцового кирпича



**ДОМ ИЗ
НЕОБОЖЖЕННОГО
КИРПИЧА**
ИНДИЯ

традиционный круглый
дом «Bhunga» из
необожженного кирпича
с бамбуковой крышей,
построен из кирпича и
оштукатурен коровьим
навозом. Данная техника
строительства
существуют столетиями и
до сих пор используется в
штате Гуджарат, Индия



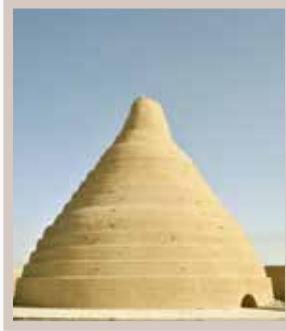
МЕЧЕТЬ В ГОРОДЕ ДЖЕННЕ
МАЛИ

объект Всемирного
наследия ЮНЕСКО,
является одним из
крупнейших в мире
зданий из грунта



НАЧАЛЬНАЯ ШКОЛА
 ДЕРЕВНЯ ТАНУОН ИБИ
 МАЛИ

Нидерландское архитектурное бюро «Levis» использовало прессованные грунтовые блоки из местной глины для строительства цилиндрической сводчатой конструкции начальной школы в селе Тануон Иби



ЯХЧАЛ
 ИРАН

К 400 году до н.э. персидские инженеры овладели техникой хранения льда в Яхчале



ТАОС-ПУЭБЛО
 НЬЮ-МЕКСИКО
 США

является одним из древнейших жилых строений в штате Нью-Мексико, в котором люди живут в течение 1000 лет. Изготовлено из саманного кирпича с глиняной штукатуркой

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГРУНТА

ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КИРПИЧЕЙ



Для достижения высокого качества кирпича необходим тщательный отбор грунта и подбор состава смеси. Выбор сырьевых материалов, включая глину, известь, гипс и цемент, способствует производству качественного кирпича.

Стабилизация грунтовой массы для изготовления кирпичей

Прессованный грунтовой необожжённый блок является потомком формованного глинобитного блока, который обычно называют необожженным блоком. Однако, идея уплотнения грунта с целью улучшения качества и рабочих характеристик формованных глинобитных блоков, является далеко не новой: деревянные трамбовки для глины применялись достаточно давно. Данная технология до сих пор применяется в некоторых регионах мира.

Грунтовые блоки могут быть прессованными, стабилизированными или же прессованными и стабилизированными.

Прессованный грунтовой/глиняный блок является строительным материалом, который в основном производится из влажного грунта, прессованного при высоком давлении. Если в блоки добавляется химическое вяжущее вещество, как портланд-цемент, они называются прессованными стабилизированными грунтовыми/глиняными блоками и стабилизированными грунтовыми/глиняными блоками. Создание прессованных грунтовых блоков отличается от изготовления трамбованных стен тем, что при производстве последних применяется крупная опалубка, в которую грунт укладывается и набивается вручную. При изготовлении прессованного грунтового блока применяется механический пресс с целью формования блока из смеси, состоящей из грунта без органических примесей, ненабухающей глины, заполнителя, иногда небольшого количества цемента.

Стены из грунтовых необожжённых блоков воздвигаются с применением стандартных

технологий кирпичной или каменной кладки. Строительный раствор, представляющий собой жидкий раствор из грунтовой/глиняной смеси без заполнителя, наносится тонким слоем между блоками. Может также применяться цементный раствор. Для лучшей связи блоков в формах для прессования может быть предусмотрена пазогребневая система.



САМАНЫЙ КИРПИЧ РУЧНОГО ФОРМОВАНИЯ С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ СОЛОМЫ



ФОРМОВАНИЕ ФРАГМЕНТА СТЕНЫ ТРАМБОВАНИЕМ ГЛИНЫ В ЩИТОВОЙ ОПАЛУБКЕ



ГРУНТОВЫЙ НЕОБОЖЖЁННЫЙ ПРЕССОВАННЫЙ БЛОК, ИЗГОТОВЛЕННЫЙ ПРИ ПОМОЩИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН



ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВЫХ НЕОБОЖЖЁННЫХ БЛОКОВ

Применение гидравлических машин для прессования грунтовых необожженных блоков позволило улучшить физические и механические свойства готовых продуктов. Прессование также привело к увеличению производительности. На одной машине можно производить блоки разных размеров с помощью разных форм.

Оборудование и технологии для производства грунтовых необожжённых блоков

Грунтовые необожжённые блоки могут быть изготовлены при помощи оборудования различного типа.

В течение десятилетий блоки производились только из глины с добавлением соломы и трав. С незапамятных времён строительство огромного количества домов осуществлялось с использованием необожжённых кирпичей ручного формования, часто с применением простых деревянных форм.

Внедрение стабилизирующей добавки – извести, цемента, гипса, золы-уноса – привело к необходимости применения определенного ручного или механического прессования для достижения большей плотности, низкого водопоглощения и высокой прочности на сжатие. Применение гидравлических машин для прессования позволило сделать блоки экономичными за счет снижения содержания стабилизирующих добавок и улучшило физические и механические свойства готовых продуктов. Помимо гидравлических формовочных машин, отобранных ЮНИДО для производства грунтовых необожжённых блоков, существует множество других видов машин, имеющихся в различных странах для производства разнообразных глиняных необожжённых кирпичей и блоков. Ручные инструменты для производства грунтовых необожжённых блоков также являются доступными и широко распространенными при строительстве в сельской местности. На последних страницах данного руководства представлена разнообразная справочная информация о технологиях производства и применении в строительстве стабилизированных строительных материалов на основе грунта.

ДЕРЕВЯННАЯ ФОРМА,
ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА СЫРЦОВОГО
КИРПИЧА



РУЧНАЯ МАШИНА ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВЫХ
НЕОБОЖЖЁННЫХ КИРПИЧЕЙ/
БЛОКОВ



ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ФОРМОВОЧНАЯ
МАШИНА HYDRAFORM M7 ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВЫХ
НЕОБОЖЖЁННЫХ БЛОКОВ



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ





Технические характеристики гидравлической формовочной машины, одобренной проектом ЮНИДО для развития данной технологии в Кыргызстане:

Привод	3-фазный электродвигатель, 11 кВт
РАЗМЕРЫ, МЕТРЫ	2.95 X 1.7 X 1.7
МАССА, КГ	1600
КОЛИЧЕСТВО ГИДРОЦИЛИНДРОВ	1
КОЛИЧЕСТВО КАМЕР СЖАТИЯ	1
КОЛИЧЕСТВО СМЕСИТЕЛЬНЫХ БАРАБАНОВ	1
ЕМКОСТЬ СМЕСИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА, ЛИТРЫ	140
МОБИЛЬНОСТЬ УСТАНОВКИ	ДА
ПРОИЗВОДСТВО БЛОКОВ, ШТУК/ЧАС	200
ТРЕБУЕМАЯ ПЛОЩАДЬ, КВ. МЕТРЫ	1500-2000
ТРЕБУЕМОЕ КОЛИЧЕСТВО РАБОТНИКОВ	8
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	СТРОЙПЛОЩАДКА/ СТАЦИОНАРНАЯ УСТАНОВКА

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

РАЗЛИЧНЫЕ ПРЕСС-ФОРМЫ

Размеры блоков, которые могут быть произведены при помощи машины Hydraform M7 с применением различных пресс-форм

			
Ширина	220	150	220
Высота	115	115	115
Длина	115-220	120-240	до 240
	9-11	7-8	4-8
	1500-2000	1500-2000	1500-2000

РАЗМЕР (мм)

ВЕС (кг)

ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА В ДЕНЬ (шт.)

The background of the image shows a close-up of soil and straw. A glass jar lid is visible in the lower-left corner. A large white circle with a yellow border is centered on the image, containing text.

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВЫХ НЕОБОЖЖЁННЫХ БЛОКОВ



Качественный выбор глины, подготовка и подбор состава смеси являются ключевыми факторами для получения конечного продукта с необходимым качеством и свойствами.

Пригодность и стабилизация грунта для грунтовых необожжённых блоков

Не всякий грунт удовлетворяет требованиям производства грунтовых необожжённых блоков. Верхний, почвенный слой грунта не должен применяться. Определение свойств грунта является важным для того, чтобы в конечном итоге обеспечить необходимое качество продукции. После краткого обучения можно овладеть навыками проведения анализа грунта. Применение цемента для стабилизации лучше подходит для песчаных грунтов, стабилизация известью подходит для глинистых грунтов.

Примерный состав грунтов для производства грунтовых необожжённых блоков

Выбор стабилизирующей добавки зависит от качества грунта и требований проекта. Желательно применять цемент для песчаных грунтов и быстрого достижения высокой прочности; предпочтительно использовать известь для глинистых грунтов, но процесс твердения и набора прочности занимает больше времени.

Пазогребневые блоки при использовании машины Hydraform могут производиться из песчаного грунта с содержанием глины от 5 до 20% и содержанием осадочных пород от 5 до 25%. Блоки могут производиться из грунта с более высоким содержанием глины и осадочных пород, но следует определить коэффициент пластичности с целью определения пригодности грунта для производства блоков. В целом грунт с низким содержанием глины и осадочных пород – ниже

10% – тяжело поддается прессованию в машине; грунт с высоким содержанием глины и осадочных пород – выше 35%-40% – должен быть смешан с песчаным грунтом.

Основные сырьевые материалы для производства блоков на основе грунта, включают

Грунт
Цемент
Крупнозернистый песок/каменная пыль (при необходимости)
Пресная вода

Грунт для стабилизации цементом:

Гравий	Осадочные породы
15	15
%	
Песок	Глина
50	20

Грунт для стабилизации известью:

Гравий	Осадочные породы
15	20
%	
Песок	Глина
30	35

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Грунт должен быть свободен от органических материалов и солей, должен содержать достаточное количество глины для предотвращения расслаивания после прессования. В целом грунт должен соответствовать нормам в отношении гранулометрического состава и требованиям пластичности, установленным ниже:

Тип грунта

А		% ПО МАССЕ, ПРОХОДЯЩЕЙ ЧЕРЕЗ СИТО 0.075ММ (ПЫЛЕВИДНЫЕ И ГЛИНИСТЫЕ ФРАКЦИИ)	В	
Макс.	Мин.		Макс.	Мин.
10%	35%		10%	25%
15		КОЭФФИЦИЕНТ ПЛАСТИЧНОСТИ (МАКСИМУМ)	10	
4 МПа		РАСЧЕТНАЯ ПРОЧНОСТЬ БЛОКА (ПОСЛЕ ВЫДЕРЖИВАНИЯ)	7 МПа	

- Грунты с высокой пластичностью (более 15) являются приемлемыми при условии, что материал стабилизируется известью; лабораторные испытания должны подтвердить необходимую дозировку и дополнительное время твердения.
- Вода должна быть чистой и не должна содержать вредного количества кислот, щелочей, солей, сахара и других органических и химических веществ; пресная/питьевая вода обычно является наиболее подходящей.
- Необходимое содержание цемента: от 4 до 7% по массе сухого грунта для блоков с прочностью на сжатие 4 МПа и от 7 до 10% по массе сухого грунта для блоков с прочностью на сжатие 7 МПа.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПОДГОТОВКА ГРУНТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕОБОЖЖЁННЫХ БЛОКОВ



1. Грунт с травами и другими органическими веществами не подходит для производства глинобитных кирпичей
2. Просеивание для отделения органических веществ
3. Однородный грунт без органических веществ готовый для производства стабилизированных блоков

ОБЪЕМНАЯ ДОЗИРОВКА

Ниже представлены начальные пропорции объемной дозировки; они должны быть уточнены после проведения испытания на прочность при сжатии полностью выдержанных блоков в утвержденной лаборатории.

РАСЧЕТНЫЕ ПРОПОРЦИИ ОБЪЕМНОЙ ДОЗИРОВКИ ДЛЯ ПРОБНЫХ БЛОКОВ:

5%	8%	Пропорция цемента (по объему)
4 МПа	7 МПа	Расчетная прочность на сжатие
1 мешок	1 мешок	Цемент, мешок массой 50 кг (33 литра)
10	6	Тележки на колесах, объем 65 литров
70	40	Выход продукции на 1 мешок цемента (блоки)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПРОВЕРКА ГРУНТА

Широко распространенным методом проверки грунта является его сжатие в «колбаски» из слегка влажного (не мокрого) грунта в руках. Если после раскрытия ладони образец не прилипает к руке и аккуратно разламывается при надавливании большим пальцем, то грунт подходит для производства блоков. Однако, для обеспечения высококачественной продукции, применяемый грунт должен пройти испытание в соответствующей лаборатории для проведения гранулометрического анализа грунта. Если пропорции соответствуют указанным в таблице ниже, то такой грунт можно использовать для производства блоков:

№	1	2	3	4	5
КОМПОНЕНТ	Мелкий гравий	Крупнозернистый песок	Мелкозернистый песок	Осадочные породы	Глина
ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЦЕНТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ	7	30	23	20	20
ПРИЕМЛЕМОЕ ПРОЦЕНТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ	0-10	20-35	20-30	15-30	10-30

Чем выше содержание цемента и стабилизирующей добавки в смеси, тем выше будет прочность блоков.

ИДЕАЛЬНЫЙ СОСТАВ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВЫХ БЛОКОВ:

№	1	2	3
МАТЕРИАЛЫ	Грунт/глина	Крупнозернистый песок	Цемент
ПРОЦЕНТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ	30-60%	40-60%	8-12%

ПРОЦЕСС В ФОТОГРАФИЯХ



Спиральный смеситель с вертикальным барабаном для подготовки формовочной смеси

Выемка из формы и очистка готового блока



Загрузка пресс-формы

Полный и половинный пазогребневые блоки



Пресс-форма, заполненная смесью

Формы для изготовления блоков полного и половинного размера



СКЛАДИРОВАНИЕ И УХОД

ЗА БЛОКАМИ ВО ВРЕМЯ ТВЕРДЕНИЯ



Готовые блоки всегда нужно выдерживать и тщательно накрывать для предотвращения испарения воды. Размещение на ровной поверхности на достаточном расстоянии друг от друга и другие мероприятия позволят получить необходимую прочность.

Складирование и уход за блоками во время твердения

Сразу после изготовления блоки имеют недостаточную прочность. С целью достижения соответствующей прочности и других физических свойств блок должен быть выдержан в течение трех недель. Блоки, стабилизированные цементом, достигают окончательной прочности в течение трех недель, но известь и гипс могут продолжать набор прочности в течение длительного периода после возведения из них строительных конструкций.

Готовые блоки всегда нужно выдерживать и тщательно накрывать для предотвращения испарения воды, необходимой для химической реакции твердения цемента (гидрат). Для достижения полной прочности цемента требуется 28 дней; 65% прочности достигается в течение первых семи дней и около 85% – в течение 14 дней.

<p>РАСПОЛОЖЕНИЕ: Блоки должны размещаться на ровной поверхности на достаточном расстоянии друг от друга</p>	<p>ХРАНЕНИЕ: Рекомендуется накрывать блоки пленкой с целью замедления испарения влаги, необходимой для твердения цемента, и предотвращения образования трещин. Ухаживать и накрывать блоки следует как минимум в течение 14 дней; дополнительное выдерживание может помочь в достижении высокой прочности</p>
<p>СКЛАДИРОВАНИЕ: Высота складирования не должна превышать 1,5 метров для удобства обработки</p>	
<p>УХОД: Уход за блоками должен производиться 2 раза в день</p>	<p>ПЕРЕДВИЖЕНИЕ: Площадку для складирования следует организовать с учетом передвижения грузовых автомобилей и погрузки материалов</p>
<p>ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ: При жаркой погоде уход за блоками может производиться 3 раза в день</p>	





УСТОЙЧИВОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Необожженный грунтовый блок известен как экологически безопасный (“зеленый”) строительный материал. Грунт является традиционным материалом и доступен повсеместно. Процесс стабилизации с применением оборудования потребляет меньшее количество энергии, чем при производстве обожженного кирпича или блоков из цемента. Пазогребневые блоки также позволяют сократить расход материалов при применении сухой кладки стен.

Экологические аспекты использования необожженных грунтовых блоков

- Грунт является местным материалом и, желательно, чтобы грунт извлекался непосредственно на строительной площадке;
- Строительство с применением материалов из грунта является трудоемкой технологией, но также легко адаптируемой и передаваемой;
- Грунт является экономически выгодным и энергосберегающим материалом;
- Уменьшение потребления энергии в 4 раза в сравнении с производством обожженного кирпича;
- Уменьшение загрязнения окружающей среды в 4 раза в сравнение с производством обожженного кирпича.

	Первоначальные энергетические затраты на производство 1 м ³ стены	Поступление в окружающую среду различного рода загрязнений (кг углекислоты CO ₂) на 1 м ² стены
Необожженный грунтовый блок	631 МДж/м ³	56.79 кг/м ³
Кирпич, обожженный в промышленной печи	2,356 МДж/м ³	230.06 кг/м ³
Кирпич, обожженный в кустарных печах	6,358 МДж/м ³	547.30 кг/м ³

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

- При производстве необожженных глиняных блоков потребление энергии в 11 раз меньше, чем при производстве обожженных кирпичей в кустарных печах
- При производстве необожженных глиняных блоков загрязнение окружающей среды в 13 раз меньше, чем при производстве обожженных кирпичей в кустарных печах

	Первоначальные энергетические затраты на производство и эксплуатацию (МДж/м ³ материалов)	Выброс углерода (кг углекислоты CO ₂ /м ³ материалов)
1	548.32 МДж/м ³	49.37 кг CO ₂ /м ³
2	6,122.54 МДж/м ³	642.87 кг CO ₂ /м ³

1. Необожженные глиняные блоки, произведенные на площадке при 5% содержании цемента
2. Кирпичи, обожженные в кустарных печах

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ

Выделяются следующие преимущества технологии: доступность, экологичность, удобство применения, надежность работы, универсальность в использовании и многое другое. Однако, как для любой другой технологии строительства, необходим соответствующий уход за оборудованием для обеспечения качества производимой продукции.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БЛОКОВ



Характеристики	пазогребневый стабилизированный грунтовый блок	грунтовый блок, высушенный на солнце	обоженный глиняный блок	стабилизированный грунтовый блок	бетонит
Размеры (см)	26.5x14x10 см	25x15x7 см- 40x20x15 см	20x10x10 см	29x14x11.5 см	40x20x20 см
Масса (кг)	8-10 кг	5-18 кг	4-5 кг	8-10 кг	12-14 кг
Качество поверхности	гладкая и плоская	грубая и обсыпаящаяся	гладкая и плоская	гладкая и плоская	грубая и плоская
Количество в 1 куб. м стены	35	10 - 30	30	21	10
Прочность на сжатие	1-4	0-5	0.5-6	1-4	0.7-5
Коэффициент теплопроводности	0.8-1.4	0.4-0.8	0.7-1.3	0.8-1.4	1-1.7
Плотность (кг/куб.м)	1700-2200	1200-1700	1400-2400	1700-2200	1700-2200

Источник информации: "Compressed Earth Blocks: Manual of Production" and GET

ПРЕИМУЩЕСТВА НЕОБОЖЖЕННЫХ ГРУНТОВЫХ БЛОКОВ

1 "ЗЕЛЕННЫЕ" ТЕХНОЛОГИИ

Стабилизированные грунтовые блоки могут быть классифицированы как "зеленый" строительный материал. Это один из простых и легких в производстве строительных материалов; такие блоки могут выпускаться с применением несложного оборудования и не требуют высококвалифицированного персонала. В большинстве случаев местное сырье может быть использовано для производства стабилизированных грунтовых блоков с помощью подбора подходящего состава формовочной смеси.

2 ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Технология производства грунтовых необожженных блоков является доступным способом строительства. Блоки обладают достаточной влагостойкостью, пазогребневая система позволяет применять сухую кладку. Мобильная версия машины позволяет ее транспортировать и производить блоки прямо на строительной площадке.

3 ЛЕГКОСТЬ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Машина для производства грунтовых необожженных блоков проста в использовании и эксплуатации. При необходимости ремонт производится из доступных материалов при помощи сварки.

4 ЭСТЕТИЧНОСТЬ

Грунтовые необожженных блоки становятся все более популярными из-за высоких эстетических качеств. Этому также способствует применение местного, доступного сырья, многие годы традиционно используемого и распространенного в строительной практике.

5 ПРОЧНОСТЬ

Грунтовые необожженных блоки являются достаточно прочными и долговечными, сравнимыми в этом качестве с традиционными строительными материалами.

6 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Грунтовые необожженных блоки являются прекрасной альтернативой широко используемому обожженному кирпичу, производство которого наносит существенный урон окружающей среде.

7 ОБУЧЕНИЕ

Технология производства грунтовых необожженных блоков может поднять квалификацию местных строителей и стать источником получения дохода. Данная технология достаточно проста и может стимулировать образовательный диалог по вопросам охраны окружающей среды.



ОБОРУДОВАНИЕ HYDRAFORM

С помощью оборудования Hydraform можно выпускать блоки с замоноличиваемыми каналами для строительства жилых домов, устойчивых к стихийным бедствиям (практика строительства в Южной Африке и Индии)

Строительные системы Hydraform

Ниже представлена спецификация методов строительства одноэтажных жилых зданий при использовании пазогребневых грунтоцементных блоков сухой кладки Hydraform 220.

ПРОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО БЛОКОВ

- Блоки ниже гидроизоляционного слоя должны иметь 28-дневную прочность 7МПа;
- Блоки выше гидроизоляционного слоя должны иметь 28-дневную прочность 4МПа;
- Блоки для наружных стен должны иметь 28-дневную прочность 7МПа;
- Треснувшие, выветренные или поврежденные блоки должны быть отбракованы;
- Должны применяться только блоки, которые обрабатывались в течение 7 дней и выдерживались не менее 14 дней.

Испытание блока на прочность сжатия

ФУНДАМЕНТЫ

- Необходимо возводить из блоков с прочностью 7 МПа; толщина растворного слоя – 10-15 мм;
- Минимум три ряда, посаженных на раствор, должны быть ниже гидроизоляционного слоя;
- Верх фундамента должен быть выше уровня естественного залегания грунта на 150 мм;
- Перевязку достаточно обеспечить на углах;
- Уплотнение засыпки можно начинать не ранее 24 часов после кладки фундамента;
- Возведение стен можно начинать не ранее 24 часов после кладки фундамента.

СТЕНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- Стеновые конструкции должны возводиться из полностью высушенных блоков;
- Первый ряд блоков выше панели перекрытия или гидроизоляционного слоя должен быть уложен на раствор, выровнен во всех направлениях и должен находиться на таком же уровне, как и прилегающие блоки;
- Допускается сухая кладка блоков до уровня перемычки, обычно на отметке 2,1 метра выше уровня отделочного слоя пола;
- Откосы оконных проемов должны быть оштукатурены;
- Перемычка из предварительно напряженного бетона высотой 75 мм должна устанавливаться над проемами дверей, окон и световыми отверстиями; длина опирания перемычки должна составлять не менее 300 мм;
- Зазоры между блоками и оконными рамами/дверными коробками должны быть заполнены строительным раствором;
- Пересечения и углы стен должны быть воздвигнуты с использованием половинных блоков;
- Зазоры между перемычками и блоками должны быть заполнены строительным раствором. Обвязка должна быть устроена по верхней поверхности стены посредством укладывания всех блоков выше уровня перемычки на растворе, толщина швов – 10-15 мм. Усиление кладки должно находиться в швах, заполненных раствором, и выполнено из проволоки Ø 2,2 мм, уложенной с перехлестом в углах и на пересечениях. Обвязка формируется из не менее, чем 4 растворных швов по высоте;
- Не допускается устраивать в обвязке каналы для коммуникаций;
- В уровне перекрытия должна быть устроена горизонтальная связь.

СТЕНОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- Анкеры для стропильных конструкций из оцинкованной стали $\varnothing 4$ мм устанавливаются в шов на глубину 4 рядов блоков.

ВНУТРИДОМОВАЯ СЕТЬ КОММУНИКАЦИЙ

- Внутридомовая сеть коммуникаций может быть установлена на стене или в вертикальных желобах, устроенных в стенах ниже уровня обвязки. Выборка пазов для скрытой электропроводки должна быть только вертикальной и иметь глубину не более 50 мм.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАСТВОР

- Весь строительный раствор является раствором класса II, который имеет 28-дневную прочность на сжатие 7 МПа при проведении лабораторных испытаний и 5 МПа на основе рабочих испытаний, проводимых на стройплощадке. Рекомендуется смесь из одного мешка (50 кг) цемента (42,5 МПа) и трех ручных тележек (3x65 литров) строительного песка.

Применение блоков с замоноличиваемыми каналами для строительства жилых домов, устойчивых к стихийным бедствиям:

- Пазогребневые блоки могут применяться в технологии сухой кладки с целью снижения стоимости строительства;
- Замоноличивание каналов в блоках, с предварительно установленной вертикальной и горизонтальной арматурой, может применяться для повышения сейсмостойкости конструкции.

ФОТОГРАФИИ



ИСПЫТАНИЕ БЛОКА ПО
ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ



ФУНДАМЕНТЫ



СТЕНЫ ФУНДАМЕНТА

СТЕНОВЫЕ
КОНСТРУКЦИИ



КРОВЛЯ



ПРИМЕР ПРОКЛАДКИ
КОММУНИКАЦИЙ



ФОТОГРАФИИ

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКОВ С ЗАМОНОЛИЧИВАЕМЫМИ КАНАЛАМИ:

Примеры элементов
зданий построенных
с использованием
пазогребневых глиняных
необожжённых блоков

Показаны примеры из
строительной практики
Индии

Связывание вертикальной и
горизонтальной арматуры



Образование канала на
углах стен для вертикального
армирования

Замоноличивание канала
после связывания вертикальных
и горизонтальных арматурных
стержней



Установка вертикальной
арматуры в канале

Заполнение строительным
раствором после установки
вертикальных и горизонтальных
арматурных стержней



ФОТОГРАФИИ



Применение полублоков в углу стены

Жилой дом из пазогребневых блоков с плоской кровлей



Вертикальное усиление стены

Двухэтажное здание университета с плоской кровлей, построенное из пазогребневых блоков



Жилой дом со скатной кровлей, построенный из глиняных необожжённых блоков

Общественное двухэтажное здание со скатной кровлей



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка состояния потребностей сектора ЖКХ как в городских, так и сельских районах Кыргызской Республики, осуществленная в рамках проекта Организации Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО), определила важность технологии производства глиняных необожженных блоков в Кыргызстане. Наибольший объем проектной информации о глинобитных блоках составлен в форме технического руководства с целью обмена данными и освещения различных преимуществ применения глиняных необожженных блоков для жилищного строительства. Данное руководство окажет помощь предпринимателям и студентам в проведении практических экспериментов и исследований в области производства глиняных необожженных блоков с помощью оборудования Hydraform наиболее систематическим способом.

С незапамятных времён грунтовые материалы применялись для различных целей, включая производство кирпича, есть множество примеров их применения в жилищном строительстве и для других целей. С внедрением быстротвердеющего и долговечного бетона на основе портландцемента были забыты такие свойства необожженных грунтовых блоков как энергоэффективность, экологичность и доступность сырьевых материалов.

Современные строительные материалы, быстротвердеющие и высокопрочные, широко применяются для строительства многоэтажных зданий, однако производство таких материалов является энергоёмким. Большое количество населения во многих странах, включая Кыргызстан, проживает в сельской местности и нуждается в доступном жилье, а также в соответствующих экологических стройматериалах и технологиях их производства. Исследования, проведенные в области производства грунтовых необожженных блоков в различных странах и климатических

условиях, подтверждают наличие возможности производства и применения грунтовых необожженных блоков для строительства стеновых конструкций. Технология является простой и удобной в применении. Внедрение данной технологии, требующей относительно незначительных инвестиций, может способствовать укреплению производственного потенциала, увеличению предложения на рынке доступного и экологичного жилья, а также созданию доходоприносящих видов деятельности и новых рабочих мест.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА ЮНИДО

Проект Организации Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) «Развитие производства экономически эффективных строительных материалов в Кыргызской Республике с целью создания рабочих мест и поддержки предпринимательской деятельности» инициирован при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации. Целью проекта является внедрение инновационных, экологически безопасных и экономически доступных технологий производства строительных материалов для строительства жилья и восстановления ирригационных систем на основе применения местного сырья.

Основным партнером проекта является Министерство экономики Кыргызской Республики. Государственное агентство архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики и Кыргызско-Российский Славянский университет (КРСУ) также являются партнерами проекта. В рамках данного сотрудничества КРСУ также предоставляет помещения для размещения Демонстрационно-технологического центра ЮНИДО.

В результате технико-экономического анализа были определены ряд технологий производства экономичных, экологически безопасных и энергоэффективных материалов на основе имеющихся в стране сырьевых ресурсов. Выбранные технологии и ноу-хау будут апробированы и применены при строительстве демонстрационных домов и восстановлении ирригационных систем. Данные мероприятия будут способствовать созданию рабочих мест и развитию предпринимательской деятельности, а также улучшению условий проживания, особенно, в сельских районах.

Консультативный совет проекта, в состав которого входят представители различных министерств, ведомств и частного сектора, выполняет ключевую роль при определении инновационных строительных материалов и технологий для внедрения в рамках проекта.

В результате проекта, жители городских и сельских районов получат доступ к экономичному жилью и улучшенному водоснабжению, что приведет к повышению качества жизни. Кроме того, малые и средние предприятия строительного сектора и смежных отраслей создадут новые рабочие места.

Проект ЮНИДО также будет способствовать развитию производства экологически безопасных и энергоэффективных строительных материалов, а также продвижению технологий, основанных на использовании возобновляемых ресурсов и отходов производства.

Благодаря созданию Демонстрационно-технологического Центра ЮНИДО в сотрудничестве с КРСУ, а также подготовке кадров в области адаптации и использования экологически чистых и экономически эффективных строительных технологий, проект позволит достичь долгосрочных результатов и обеспечит распространение переданных ноу-хау и технологий широкому кругу местных производителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Arumala, J.O. and Gondal, T.** Compressed earth building blocks for affordable housing. Proceedings of the Construction and Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, London (2007).
- Atzeni, C., Pia, G., Sanna, U. and Spannu, N.** Surface wear resistance of chemically or thermally stabilized earth based materials. *Materials and Structures*, vol. 41, pp. 751-758 (2008).
- Anupama, B. R., Rashmi, S., Nethravathi, S. and Jagadish, K. S.** Hollow Stabilized Mud Blocks. *Journal of Civil Engineering Technology and Research* vol. 2, pp.225-232 (2014).
- Bharath, B., Maheshwar, Reddy, Pathan, L. J. A. and Patel, R.** Studies on stabilized adobe blocks. *Journal of Engineering in Research and Technology*, vol. 03, pp. 259, (2015).
- Bahar, R., Benazzoug, M., and Kenai, S.** Performance of compacted cement-stabilised soil. *Cement and Concrete Composites*, vol. 26, pp. 811-820, (2004).
- Baroni, J. R. and Schmidt W. F.** Polyethylene reinforced with keratin fibers obtained from chicken feathers. *Composites Science and Technology*, vol. 65, pp. 173-181, (2005).
- Billong, N., Melo, U. C., Louvet F. and Njopwouo, D.** Properties of compressed lateritic soil stabilized with a burnt clay-lime binder: Effect of mixture components. *Construction and Building Materials*, vol. 23(6), pp. 2457-2460, (2008).
- Binici H., Aksogan, O., Bodur, M. N., Akca E. and Kapur S.** Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials. *Construction and Building Materials*, vol. 21, pp. 901-906, (2007).
- Binici, H., Aksogan, O., and Shah, T.** Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. *Construction and Building Materials*, vol. 19, pp. 313-318, (2005).
- Binici, H., Aksogan, O., Bakbak, D., Kaplan, H. and Isik, B.** Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls. *Construction and Building Materials*, vol. 23, pp.1035-1041, (2009).
- Bouhicha, M., Aouissi, F. and Kenai, S.** Performance of composite soil reinforced with barley straw. *Cement & Concrete Composites*, vol. 27, pp 617-621, (2005).
- Browne, G.** Stabilised interlocking rammed earth blocks: Alternative to cement stabilization. Proceedings of the 11th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009), 6-9 September, Bath, UK, (2009).
- Chee-Ming, C.** Effect of natural fibres inclusion in clay bricks: Physico-mechanical properties. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, vol. 3(1), pp. 51-57, (2011).
- Choudhary, A. K.** Pressure Moulded Building Blocks with Lateritic Soils. *Institution of Engineers India Journal (CV)*, vol. 85, pp.159-162, (2004).
- Consoli, N. C., Montardo, J. P., Prietto, P. D. M. and Pasa, G. S.** Engineering behavior of a sand reinforced with plastic waste. *Journal of Geotechnical and Geo-environmental Engineering (ASCE)*, vol. 128(6), pp. 462-472, (2001).
- Consoli, N.C., Prietto, P. D. M., and Ulbrich, L. A.** Influence of fibre and cement addition on behavior of sandy soil. *Journal of Geotechnical and Geo-environmental Engineering (ASCE)*, vol. 124 (12), pp. 1211-1214,(2002).
- Deboucha, S. and Hashim, R.** A review on bricks and stabilized compressed earth blocks. *Scientific Research and Essays*, vol. 6(3), pp. 499-506, (2011).
- Esther, Obonyo, Joseph, E. and Malarvizhi, B.** Durability of compressed earth bricks: Assessing erosion resistance using the modified spray testing. *Journal of Sustainability*, (2010).
- Forth, J. P. and Zoorob, S. E.** Masonry units from soil and bitumen. Proceedings of 6th International Masonry Conference. British Masonry Society, London, pp. 163-165, (2002).
- Fofl, D.** Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottle pet fibre. *Construction and Building Materials*, vol. 25, pp. 1906-1915, (2011).
- Freidin, K. and Erell, E.** Brick made of coal fly-ash and slag, cured in open air. *Cement and Concrete Composites*, vol. 17(4), pp. 289-300, (1995).
- Galan-Marin, C., Rivera-Gomez, C. and Petric, J.** Clay based composite stabilised with natural polymer and fibre. *Construction and Building Materials*, vol. 24, pp.1462-1468, (2010).
- Ghavami, K., Romildo, D., Filho, T. and Barbosa, N. P.** Behavior of composite soil reinforced with natural fibres. *Cement and Concrete Composites*, vol. 21(1), pp. 39-48, (1999).
- Gueftala, A., Abibsi, A. and Houari, H.** Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. *Construction and Building Materials*, vol. 20, pp. 119-127, (2006).
- Hall, C.** Water sorptivity of mortar and concretes: A review. *Magazine of Concrete Research*, London, vol. 41, pp. 51-61, (1990).
- Jagadish, K. S.** The progress of stabilized soil construction in India. Proceedings of National Seminar on Stabilised Mud Blocks for Housing and Building, Bangalore, India, vol. 1, pp. 17-43, (1988).
- Jagadish, K. S.** Building with Stabilised Mud, L K International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, (2007).

Kim, S. B., Yi, Kim, N. H., Kim, H. Y. and Song, Y. C. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. *Cement & Concrete Composites*, vol. 32 , 232–240, (2010).

Krishnaiah, S. and Reddy, P. S. Effect of clay on soil cement blocks. Proceedings of 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), 1-6, October, pp. 4362-4368, (2008).

Lippiatt, B. C. Selecting cost-effective green building products: BEES approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol.125, No.6, pp. 448-455, (1999).

Marandi, S. M., Bagheripour, M. H., Rahgozar, R. and Zare, H. Strength and durability of randomly distributed palm fibres reinforced silt-sand soil. *American Journal of Applied Sciences*, vol. 5(3), pp. 209-220, (2008).

Mesbah, A., Morel, J. C., Walker, P. and Ghavami, Kh. Development of a direct tensile test for compacted earth blocks reinforced with natural fibres. *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering*, 16(1), pp. 95–98, (2004).

Mohamad, G., Lourenco, P.B. and Roman, H. R. Mechanics of hollow concrete block masonry prisms under compression: Review and prospectus. *Cement and Concrete Composites*, vol. 29, pp. 181-192, (2007).

Morel, J. C. and Pkla, A. A model to measure compressive strength of compressed earth blocks with the '3 points bending test. *Construction and Building Materials*, vol. 16, pp. 303–310, (2002).

Morel, J. C., Ghavami, K. and Mesbah, A. Theoretical and experimental analysis of composite soil blocks reinforced with sisal fibres subjected to shear. *Masonry International*, vol. 13(2), pp. 54-62, (2000).

Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M. and Walker, P. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Building and Environment*, vol. 36, pp. 1119–1126, (2001).

Morel, J. C., Pkla, A. and Walker, P. Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, vol. 21, pp. 303-309, (2007).

Meriani, S. Available technologies for local building materials. UNIDO International Centre for Science and High Technology, Trieste, Italy, (2008).

Mishra, S. and Usmani, J. A. Comparison of embodied energy in different masonry wall materials. *International Journal Advanced Engg Tech/IV/Oct-Dec.*, pp 90-92, (2013).

Ngowi, A. Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana. *Construction and Building materials*, vol. 11(1),

pp.1-7,(1997).

Oliver, M. and Gharbi, Z.El. Sisal fibre reinforced soil block masonry. Proceedings of 4th International Masonry Conference, British Masonry Society, London, pp. 55-58, (1995).

Perera, A. and Jayasinghe, C. Strength characteristics and structural design methods for compressed earth block walls. *Masonry International*, vol. 16, No. 1, pp. 34-38, (2003).

Piattoni, Q., Quagliarini, E. and Lenci, S. Experimental analysis and modeling of the mechanical behavior of earthen bricks. *Construction and Building Materials*, vol. 25, pp. 2067-2075, (2011).

Pietruszczak, S. and Pande, G. N. Strength of saturated masonry: Some theoretical considerations. *Masonry International*, vol. 7(3), pp. 82-86, (1994).

Prabakar, J. and Sridhar, R. S. Effect of random inclusion of sisal fibre on strength behavior of soil. *Construction and Building Materials*, vol. 16, pp. 123–131, (2002).

Pulselli, R. M., Simoncini, E., Pulselli, F. M. and Bastianoni, S. Energy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. *Energy and Buildings*, vol. 39, pp. 620–628, (2007).

Rao, S. S., Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Strength characteristics of soil-cement block masonry. *Indian Concrete Journal*, vol. 69(2), pp. 127-131, (1995).

Rao, K. V. M., Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Flexural bond strength of masonry using various blocks and mortars. *Materials and Structures*, vol. 29, pp 119-124, (1996).

Reddy, B. V. V. Sustainable building Technologies. *Current Science*, vol. 87(7), pp. 899-907, (2004).

Reddy, B. V. V. and Gupta A. Strength and elastic properties of stabilized mud block masonry using cement–soil mortars. *Journal of Materials in Civil Engineering*, May/June, pp. 472-476, (2006).

Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Spray erosion studies on pressed soil blocks. *Building and Environment*, vol. 22(2), pp. 135-140, (1983).

Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Properties of soil cement block masonry walls. *Masonry International*, vol. 3(2), pp. 80-84,(1989).

Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Influence of soil composition on strength and durability of soil cement blocks. *Indian Concrete Journal*, vol. 69(9), 517-524, (1995).

Reddy, B. V. V. and Jagadish, K. S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. *Energy and Buildings*, vol. 35, pp. 129–137, (2003).

Reddy, B. V. V., Kumar, P. P. Embodied energy in cement stabilised rammed earth walls. *Energy and Buildings*, vol. 42, pp. 380–385, (2010) .

Reddy, B. V. V., Sudhakar, M. R. and Arun Kumar, M. K. Characteristics of stabilized mud blocks using ash modified soils. *Indian Concrete Journal* vol. 2, pp. 903-911, (2003).

Riza, F. V., Rahman, I. A., Mujahid, A. and Zaidi, A. Preliminary study of compressed earth brick. *Australian Journal of Applied Sciences*, vol. 5, No. 9, pp. 6-12, (2011).

Roy, S. and Chowdhury, S. Earth as an energy efficient and sustainable building material. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences*, vol. 1, Issue 2, (2013).

Shukl, A., Tiwari, G. N. and Sodha, M. S. Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*, vol. 34, pp. 755–761, (2009).

Singh, L. D. and Singh, C. S. Final report on Low cost Housing using stabilised mud blocks. Manipur Science & Technology Council, Imphal, (2003).

Swan, J., Rteil, A. and Lovegrove, G. Sustainable earthen and straw bale construction in North American buildings: Code of practice. *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 23(6), pp. 866-872, (2011).

Siheem, C. and Fattoum, K. Study of sulphate attack on earth stabilized blocks. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, vol. 3, Issue 1, pp. 184-187, (2014).

Vimala, S. and Kumarasamy, K. Studies on the Strength of Stabilized Mud Blockmasonry Using Different Mortar Proportions. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 4, Issue 4, pp. 720-724 (2014).

Walker, P. and Stace, T. Properties of some cement stabilized compressed earth blocks and mortars. *Materials and Structures*, vol. 30, pp. 545–551, (1997).

Walker, P. Performance of stabilised soil block masonry under uniform and concentrated compressive loading. *Proceedings of the 4th International Masonry Conference*, No. 7, British Masonry Society, 1995, pp. 49-54, (1995).

Walker, P. Specifications for stabilized pressed earth blocks. *Masonry International*, vol. 10(1), pp. 1-6, (1996).

Walker, P. Erosion testing of compressed earth blocks. *Proceedings of the 6th International Masonry Conference*, No. 8, British Masonry Society, 1998, pp. 264-267, (1998).

Walker, P., Reddy B. V. V., Meshbah, A. and Morel, J. C. The case of compressed earth block construction. *Proceedings on 6th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries*, Bangalore, India, pp. 27-35, (2000).

Walker, P. J. Strength and erosion characteristics of earth blocks and earth block masonry. *Journal of Materials in Civil Engineering*, September/October, pp 497-506, (2004).

Walker, P. J. Strength, durability and shrinkage characteristics of cement stabilised soil blocks. *Cement and Concrete Composites*, vol. 17, pp. 301-310, (1995).

Yetgin, S., Cavader, O. and Cavader, A. The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes. *Construction and Building Materials*, vol. 22, pp. 222-227, (2008).

Zhang, Z., Wu, X., Yang, X. and Zhu, Y. BEPAS – a life cycle building environmental performance assessment model. *Building and Environment*, vol. 41, pp. 669–675, (2006).

Книги и руководства:

Andabati, D. *Construction Manual. Double Interlocking Rectangular Blocks for House Construction.* Good Earth Trust, CIB & UNEP-IETC, (2002).

Braunschweig, V. and Rigassi, V. *Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction.* CRATerre-EAG, Aus der Arbeit von GATE, Germany, (1995).

Braunschweig, V. *Compressed Earth Blocks: Manual of Production.* CRATerre-EAG, Aus der Arbeit von GATE, Germany, UN-Habitat, (1992).

Guillaud, H., Joffroy, T. & Odul, P. *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries.* A discussion document. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology, (1995).

Yager, T. *Earth Construction Technology Nairobi: The Mineral Industry in Uganda.* U.S. Geological Survey, National Center: Virginia, UN-Habitat, (2004).

Saul, S. N. *Development of Cost-Effective Earthen Building Material for Housing Wall Construction: Investigations into the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Sisal Vegetable Fibres, Cassava Powder and Cement Compositions.* A Doctoral Dissertation, Bungoma, Kenya, (2006).

Yaser Khaled Abdulrahman Alsakkaf. *Durability Properties of Stabilized Earth Blocks,* University Sains Malaysia, (2009).

Периодические издания и публикации в сети Интернет:

Building with Interlocking Blocks. German Appropriate Technology Exchange, retrieved from www.fastonline.org, March, (2009).

Earth Architecture in Uganda: Pilot Project in Bushennyi. Deutsche Zentrum für Entwicklungs Technologien-GATE, retrieved from www.craterre.archi.fr, (1991).

Website, Earth a Building Material of the Future. <http://www.designboom.com>.

Website, Earth Architecture. <http://eartharchitecture.org>.

Website, Hydraform Asia. <http://www.hydraformasia.com/products/interlocking-block-machine>.

Economic Benefits of Stabilized Soil Block Technology in Sudan and Nairobi, UN-Habitat, retrieved from <http://www.unhabitat.org>, (2012).

Earth Materials, Sustainable Sources: 20 years of online Green Building information, retrieved from <http://earth.sustainable-sources.com/>

Practical Action. Alternative to Portland Cement, A technical brief, retrieved from www.practicalaction.org, March, (2009).

Interlocking blocks—The future of Rural Housing Development, retrieved from <http://www.howwemadeitinafrica.com>.

Indigenous Knowledge for Disaster Risk Reduction: Good Practices and Lessons Learned from Experiences in the Asia-Pacific Region, retrieved from www.unisdr.org.

Maini Satprem. Earthen Architecture for Sustainable Habitat and Compressed Stabilized Earth Block Technology, retrieved from www.auroville.com, March (2009).

The Basics of Compressed Earth Blocks. of CEB.pdf. International Strategy for Disaster Reduction, retrieved from www.basin.info/publications/books/Basics, (2008).

Weinhuber, K. Practical Action. Mud as Mortar, A Technical Brief, retrieved from www.practicalaction.org, (1995).

Singh, L. Dinachandra, Singh, Ch. Saraf. Final Report On Low Cost Housing Using Stabilised Mud Blocks. Manipur Science & Technology Council, Imphal, India, (2007).

Mud Architecture - Construction Details and Techniques, retrieved from <http://www.archinomy.com>

Website, Affordable-housing-with-bricks-you-can-reduce-cost-by-40 retrieved from <http://www.vanguardngr.com/2012/04>.



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ РАЗВИТИЮ

Проект финансируется
Российской Федерацией



United Nations
Industrial Development Organization
Vienna International Centre
P.O. Box 300, 1400 Vienna, Austria
Telephone: (+43-1) 26024-5090
Fax: (+43-1) 26024-6842
E-mail: IUMP@unido.org
<http://www.unido.org/iump>



© ЮНИДО 2015. Все права защищены.

Настоящий документ был составлен без формального редактирования со стороны Организации Объединённых Наций. Использованные обозначения и презентация материала не предполагают выражения какого-либо мнения со стороны Секретариата Организации Объединённых Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) в отношении правового статуса какого-либо государства, территории, города, области или их руководства, а также в отношении демаркации их приграничной зоны или границ, экономической системы или уровня развития. Такие обозначения, как "развитые", "промышленно развитые" и "развивающиеся", используются исключительно в статистических целях и не выражают какого-либо суждения в отношении уровня развития того или иного государства. Упоминания названий фирм или коммерческой продукции не предполагают выражения поддержки или одобрения со стороны ЮНИДО. Если не оговорено иначе, все денежные обозначения указаны в долларах США.
Фотографии: www.shutterstock.com, www.de.fotolia.com