

Строительство

из СОЛОМЫ



**ПО ФРАНКО-КАНАДСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

Содержание

Презентация	
От авторов	2
Предисловие	3
GREB	4
Технология GREB в нескольких словах	5
Строительство из соломы	
Некоторые обозначения	6
Выбор модели для иллюстрации техники строительства	7
Необходимые инструменты	8
А. Изготовление каркаса	
1. Фундаментная плита	9
2. Каркас	10
а. Начало	11
б. Окончание первого этажа	12
в. Установка балок перекрытия и балкона	13
г. Начало второго этажа	15
д. Окончание второго этажа	17
е. Чердак и колонны коньковой балки	18
Установка других балок и элементов чердака	20
ж. Установка стропил	21
з. Влаго- и ветрозащита каркаса	22
3. Электропроводка	23
Б. Установка соломенных блоков и заливка раствора	
1. Материалы	25
2. Заливка раствора	26
а. Начало	27
Заливка раствора и снятие опалубки	29
б. Заливка окон и дверей	30
в. Окончание заливки стен	31
г. Заливка чердака	32
д. Устранение дефектов	33
е. Маленькие хитрости	34
В. Влаго- и ветрозащита	
1. Крыша	35
2. Дверные и оконные рамы	36
3. Наружные и внутренние отделочные работы	37
4. Варианты отделки	40
Приложения	
Расчет перекрытий	43
Использованная литература	47
Ссылки Internet	48

После встреч со многими самостроевцами различных направлений на наших конференциях, во время салонов, курсов или на стройплощадках, мы сделали многочисленные и существенные выводы, которые позволили развить технику GREB. Для нас стало очевидным, что назрела необходимость выпуска новой версии «Стоим дом из соломы».

И вот, сейчас это сделано.

В этом иллюстрированном руководстве Вы найдете суть этой техники, вместе с комментариями и исправлениями, но также и маленькие хитрости, облегчающие и оптимизирующие вашу работу. Вы откроете также полную информацию о извести, легком растворе, равно как и примеры расчета нагрузки крыши. Мы решили поместить в приложения таблицы удельного веса некоторых стройматериалов, а также расчета нагрузки некоторых деревянных элементов каркаса, используемого при строительстве по технологии GREB.

Если Вам недостаточно представленной информации или на вашей стройплощадке царит нерешительность, ассоциация APPROCHE-PAILLE приглашает Вас принять участие в своих курсах или посетить действующую стройку.

Принцип самостоятельного строительства гласит «построй сам», но это не означает «построй один», поэтому, не колеблясь присоединяйтесь к сообществу Compaillons (строителей из соломы). В идеале отлично принять участие в какой-либо стройке. С одной стороны, вы помогаете, с другой – Вы превосходно учитесь на практике. Узнайте лучше технику строительства, и она вам поможет в свое время.

Хорошего чтения и хорошей стройки!

Венсан и Жан-Батист, авторы.

Предисловие

Квебек – прекрасное место для экологического строительства. Летом квебекцы страдают от жары, зимой – от холодов, которые не знают пощады. Когда температура опускается ниже -20С наши здания подвергаются самым серьезным испытаниям.

После двух лет, проведенных во Франции, я вернулся в мой родной край принять вызов, начав поиски экологически чистого способа жизни в этих климатических условиях. Без сомнения, квебекские дома прекрасно изолированы от холода, но материалы, технологии и их принципы становятся все более и более сложными, дорогостоящими, ресурсо- и энергоёмкими, неприспособленными к печному отоплению и просто неэстетичными. Во-первых, в огромной степени страдает качество воздуха внутри помещений: в течении года жильцы проводят долгие месяцы в оболочке из искусственных материалов, которые приводят к появлению неблагоприятной, если не злокачественной среды обитания.

Это было серьезным вызовом для Группы Исследований Экологического Строительства (GREB), которая собиралась построить в 1990г экологическое поселение (ecohameau). В желании понять принцип нового экологичного дома она также преследовала цели привлечь внимание общественности и дать пищу для индустрии.

В 1996 и 1997гг, Патрик Дери, физик, и Мартэн Симар, архитектор, участники проекта GREB, построили два экспериментальных дома. Вместе они заложили тот фундамент, на котором Патрик Дери разработал технологию GREB, описываемую в этой книге. После многочисленных дальнейших экспериментов, эта технология вошла в ранг реальной альтернативы традиционному строительству благодаря преимуществу в способности к адаптации, стоимости реализации, простоте, скорости и качестве исполнения.

Эволюция, давшая большие преимущества этой технологии, породила к ней огромный интерес благодаря снижению влияния на окружающую среду, уменьшению количества отходов при строительстве, прекрасным эксплуатационным характеристикам как в холодный, так и теплый периоды, противопожарной безопасности, прочности, эстетичности, комфорту и качеству воздуха внутри помещений.

Сегодня, когда дома нашего поселения и многие другие построены и обитаемы в течение многих лет, пришло время рассказать Вам эти знания. Поскольку действия всегда важнее слов, Вы держите руководство основанное на серьезных исследованиях и реальной практике, помноженной на ежедневный опыт. Спасибо нашим друзьям Венсану и Жану-Баттисту за эту публикацию, которая свидетельствует о их мастерстве дизайна и техники, а также их способности выразить это посредством языка.

Пьер Жильбер,

Группа Исследований Экологического Строительства (Le Groupe de Recherches Ecologiques de la Batture, GREB) – это экологическое поселение сельского типа, расположенное на соединении фьорда Сагенай (Saguenay) и залива Ха-Ха (Ha! Ha!), в десяти километрах от районного центра de La Baie. Основанное в 1990, оно призвано в северных сельских условиях исследовать и экспериментально выяснить способы экологической жизни.

Участники проекта стараются увеличить качество жизни посредством использования возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, выяснения источников загрязнения, образования мусора и потребителей энергии. С этой целью они исследуют возможности и потенциал локальной экосистемы, производя синтез и адаптацию технологий непосредственно к среде обитания, питанию, сельскому хозяйству и лесным массивам.

ЦЕЛЬ: Найти и экспериментально подтвердить возможность экологической жизни, адаптированной к среднему северу, с целью подтвердить возможность глобального развития с помощью локальных экосистем.

В 1994г Патрик Дери начал этот проект. Через два года он построит небольшое отдельное экологическое жилище, построенное из соломенных блоков и берущее энергию от солнечных батарей. Этот дом был построен в Saguenay-Lac-Saint-Jean, Quebec, Canada. Эта технология, реализованная Патриком Дери в содружестве с Мартином Симаром, получила в 2002г приз «Энергетическая Эффективность» Торговой Палаты de La Baie.

Наш Адрес
Ecohameau de La Baie et
Groupe de recherches ecologiques de la Batture (GREB)
3052, Sentier du Petit-Patelin
La Baie (Quebec) G7B 3P6

Технология GREB в нескольких словах

Эта техника сочетает в себе несколько процессов. Она состоит из постройки надежно прикрепленного к фундаменту двустороннего легкого деревянного каркаса, в который устанавливаются соломенные блоки, защищенные легким раствором на основе опилок, извести, песка и цемента. Оригинальность методики состоит также в использовании опалубки из небольших фанерных листов, что позволяет раствору легко застывать и полностью изолировать блоки сена от внешних факторов, а также придавать стенам превосходные эксплуатационные качества. Процесс завершается нанесением на стены известковой штукатурки. Легкий раствор и штукатурка гарантируют дышащую и защищенную от дождя стену.

Для начала нужно построить двусторонний деревянный каркас. Внутренний и внешний каркасы своими вертикальными опорами образуют пространство для блоков примерно 60см ширины. Оба каркаса прикреплены болтами к горизонтальным брускам, являющимся частью фундамента.

Каждый этаж обоих каркасов заканчивается горизонтальной фиксирующей доской, к которой крепятся все вертикальные составляющие каркаса, а также балки перекрытий. Верхние этажи и чердак строятся по тому же принципу. Для поддержания коньковой балки или мест повышенной нагрузки устраиваются колонные сборки из стандартных элементов каркаса. Ряды соломенных тюков фиксируются в каркасе с помощью легкого раствора, заливаемого в пространство между боковой стенкой блоков и прикрепленной к внешней стороне каркаса мобильной опалубкой, позволяющей оптимизировать процесс застывания легкого раствора. После 24 часов, необходимых для застывания раствора, опалубка снимается и переставляется на новое место. Со снятием опалубки проверяется качество застывшего участка стены. Процесс повторяется, пока стена из блоков не будет полностью покрыта раствором. Окончательная влагозащита стены осуществляется при помощи штукатурки или другим доступным способом.

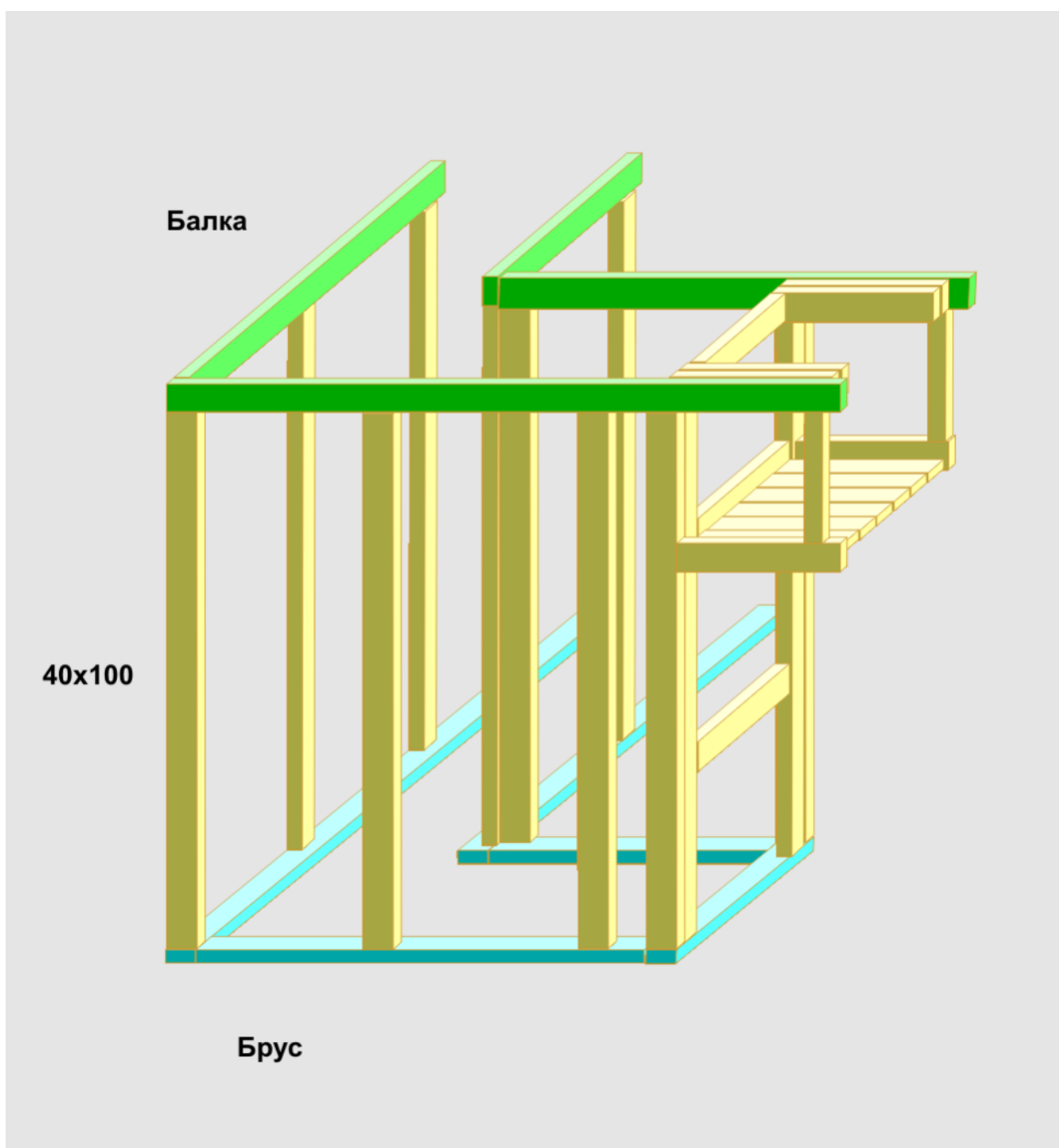
Хоть процесс и занимает значительное время, он позволяет избавиться от расходов на профессионалов и доступен для широкого освоения.

Вас интересуют детали? Отлично, читаем дальше...

Некоторые обозначения

В дальнейшем мы будем пользоваться следующими обозначениями:

Брус – горизонтальная деревянная доска в нижней части вертикальных составляющих каркаса и **Балка** – также горизонтальная доска, но в их верхней части. Вместо термина половая доска для обозначения доски 40X100 мы будем пользоваться обозначением «**40x100**».



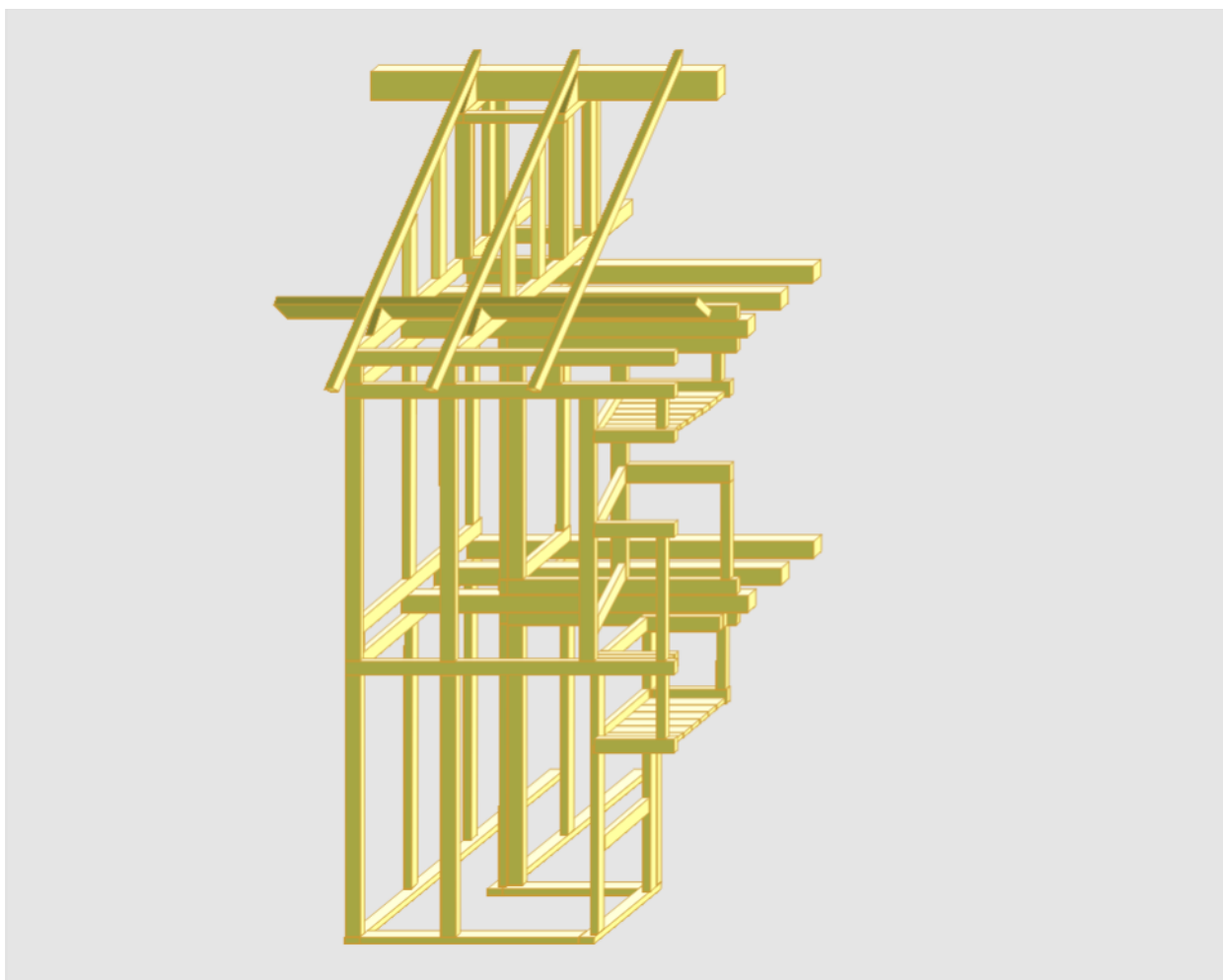
Выбор модели

Выбор модели для иллюстрации техники строительства

Для иллюстрации нашего руководства мы используем угол дома, построенного по нашей методике. С целью более полного отображения мы изображаем:

- Два этажа, чтобы показать местонахождение балочных перекрытий, окон и дверей
- Разрез двери и окна, чтобы показать способы их монтажа
- Чердак, чтобы показать конструкцию крыши и способ применения там раствора
- Конструкцию угла

Использование перспективы позволяет сочетать все необходимые элементы в одной схеме.



Необходимые инструменты

Для каркаса

Уровень, пломбирующие провода, угол, молотки, шуруповерты с насадками, портативная дисковая пила с возможностью пропила под углом или ручная пила, циркулярная пила, перфоратор или дрель с ударным механизмом, ножовка, шпагат, портативная бензо- или электропила, стремянки, плотницкий пояс.

Для заливки раствора и оштукатуривания

12 старых ведер литров по 15 (из-под краски или строительных растворов), подъемный механизм на шкивном блоке, бетономешалка, кувалда, мастерки, штукатурный инструмент, 50см игла для сшивания соломенных блоков, скобомет, ножницы по металлу, строительные леса или козлы, совковая лопата, шланг для раствора.



Шланг для раствора бывает двух видов – открытый желоб или воронка с гибкой и длинной нижней частью. Последняя значительно облегчает процесс заливки раствора.

Для персональной защиты

Защитные очки, перчатки, респираторы для работы с известью, и остальной защитный инвентарь.

А. Изготовление каркаса

Способ изготовления каркаса не оптимизирован для мест, где дерево, ввиду своей местной дороговизны, используется для строительства ограниченно, но в использовании элементов «40х100» разрешается понижение их качества. Элементы каркаса между внешней и внутренней стенками также не являются обязательными. Использование нестроевой древесины также снижает как стоимость, так и экологическую нагрузку на природу.

Двусторонний каркас служит цели легкой и безопасной установки соломенных блоков, которые находятся между стенами каркаса. Благодаря широко расставленным точкам опоры, вместо одной точки в традиционном строительстве, каркас позволяет нести будущей стене большие нагрузки, хотя это и требует крепления элементов каркаса крыши в двух местах, на внутренней и внешней стенке каркаса.

Дистанция между каждым из вертикальных элементов каркаса в 60см рассчитана для оптимизации установки блоков, особенно в углах конструкции.

Такой каркас также обеспечивает простую установку оконных блоков, а также обеспечивает простую модификацию конструкции в дальнейшем.

Хотя изменения основных размеров каркаса и допускается, необходимо учитывать, что толщина слоя легкого раствора менее 40мм нежелательна, ввиду возрастающего риска возникновения дефектов неравномерного распределения раствора.

1. Фундаментная плита

- Фундамент должен возвышаться над уровнем земли как минимум на 20см с целью надежной гидроизоляции соломенных блоков.
- Необходимо полностью обезопасить стены снизу от капиллярной проводимости фундамента
- Выход всех электрокабелей необходимо делать из фундамента, под будущими стенами
- Позаботьтесь о хорошей теплоизоляции фундамента, чтобы не потерять преимущества, полученные от превосходной теплоизоляции соломенных стен.



Теоретически возможно строить на любом из типов фундаментов, армированном бетонном, изолированном соломенными блоками или нет, кирпичном, шлакоблочном и т.д.

2. Каркас

Легкий деревянный каркас состоит из двух частей – внутренней и внешней.

Выбор размеров стены зависит от способа установки блоков – горизонтально, на ребро или вертикально.

Мы советуем установку блоков волокнами вертикально по следующим причинам:

- Уменьшение толщины стены
- Сохранение стабильности конструкции
- Возможность идентичной изоляции (волокнами в одном направлении)
- Экономия блоков (до 20%)
- Надежное сцепление с раствором
- Высокая производительность труда (5 рядов блоков вместо 6 на этаж)

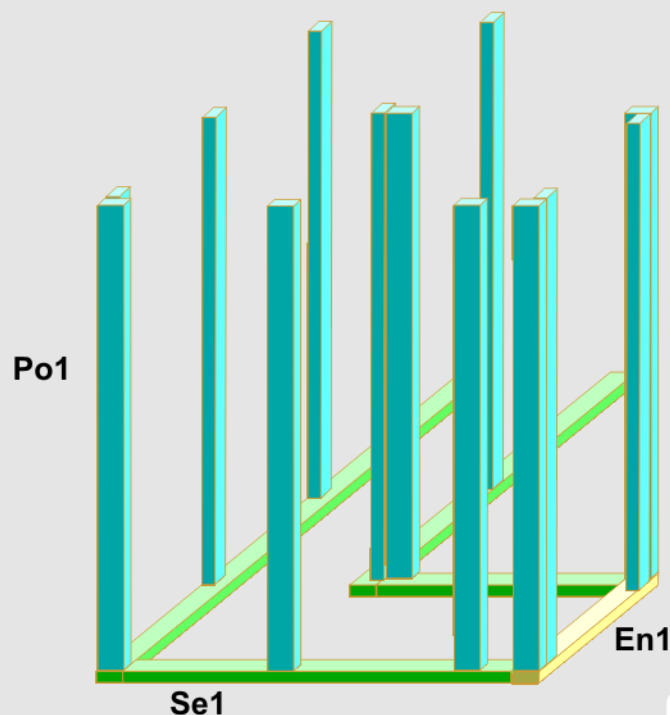
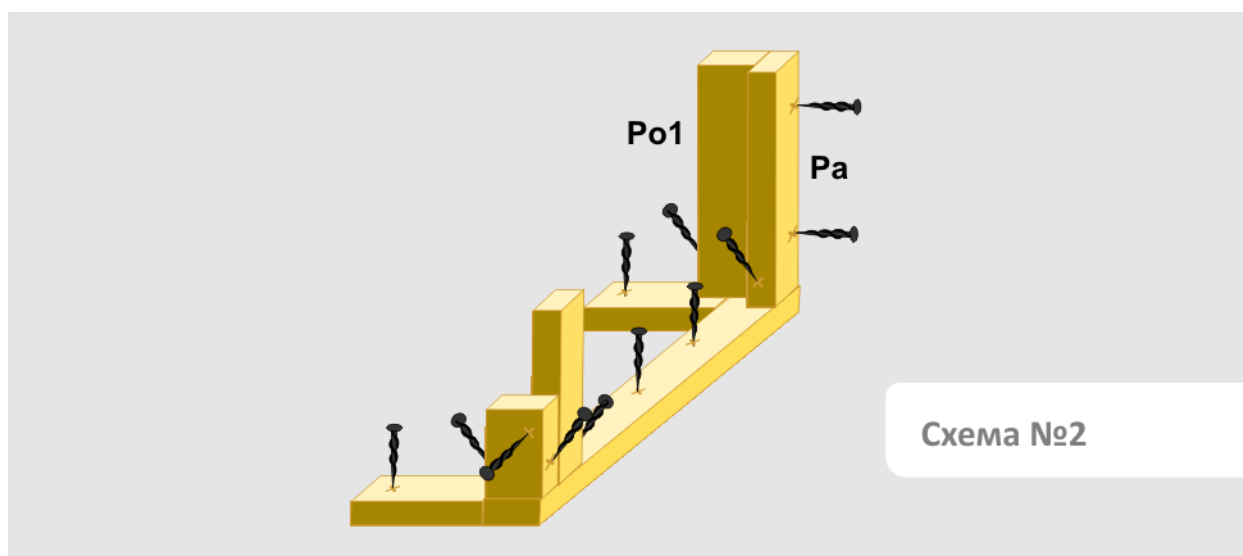


Схема №1

а. Начало

Установка нижнего обвязочного бруса и первых вертикальных элементов. См. Схема №1

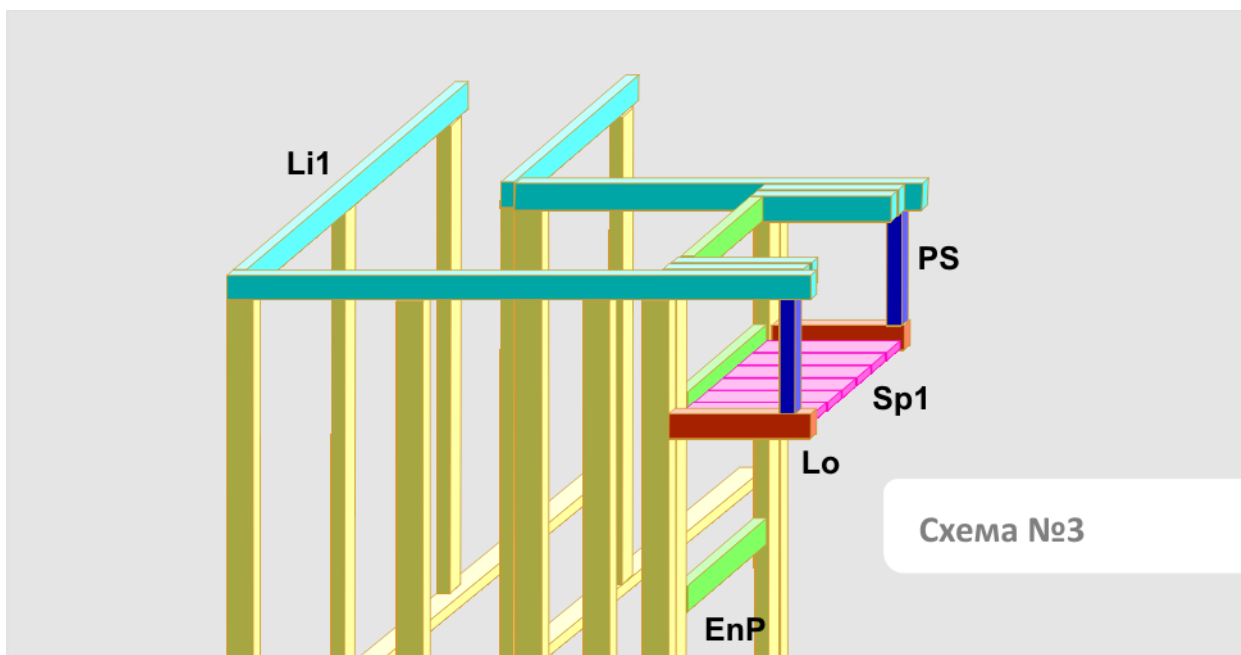
- Прикрепите болтами к фундаменту двойные параллельные брусья 40x100 (**Se1** ■) из хвойных пород дерева. Установите их примыкающими к краю фундамента на ширине между собой равной ширине соломенного блока. Таким образом, полная ширина обвязки равна ширине сенного блока плюс две ширины этих брусьев.
- Прикрепите сбоку к ним поперечные связывающие брусья (**En1** ■) в местах выхода дверей. Крепеж производите 80-90мм саморезами под углом.
- Установите вертикальные элементы (**Po1** ■) 40x100 начиная с угла внешней обвязки на расстоянии 60 см (между центрами досок) друг от друга. Высота этажа составит высоту этих элементов плюс ширину верхней обвязочной балки (при высоте элементов 240см и ширине верхней балки 10см – 2.5м)
- Все угловые элементы и элементы на концах стены, в месте выхода дверей, а также в местах планируемой дополнительной нагрузки должны быть продублированы дополнительными вертикальными стойками (**Pa**) под углом 90° к основным. Дополнительные стойки крепятся к основным стойкам и брусьям обвязки 80-90мм саморезами под углом. **См. Схема №2**
- Для дверных и оконных проемов предусмотрите запас 0.5см по всей окружности проема для установки изоляции по всему периметру проема.
- Старайтесь все проемы делать расширяющимися к внутренней обвязке для увеличения количества проникающего света.



6. Окончание первого этажа

Установка обвязочных балок и приготовление к установке межэтажных перекрытий. См. Схема №3

- Над дверными проемами и окнами шириной до 120см установите стандартную балку 40х100 (**Lo** ■) с внутренней и внешней стороны каркаса
- Верхняя плоскость проемов зашивается досками (**Sp1** ■) по нижнему уровню балок проема (**Lo**)
- В пространство между верхней балкой проема и балкой обвязки, каждые 60см, устанавливаются вертикальные стойки (**PS** ■).
- Установите оставшиеся горизонтальные балки обвязки (**Li1** ■) Все крепления производите саморезами 80-90мм.
- В случае, когда оконный или дверной проемы имеют ширину более двух пролетов каркаса (т.е. более 120см в нашем случае), к стандартной обвязочной балке сверху дверного или оконного пролета необходимо установить параллельно 1-2 дополнительные балки стандартных размеров. Балки устанавливаются во внутреннее пространство стены над проемом и крепятся к основным балкам обвязки.
- Установите 1-2 торцевые горизонтальные планки (**EnP** ■) 40х100 в местах проемов и концах стен.
- Убедитесь в вертикальности внутренних и внешних стенок каркаса. Зафиксируйте стенки строго вертикально наклонными вспомогательными досками.



в. Установка балок перекрытия и балкона

Установка балок перекрытия См. Схема №4

Проверьте вертикальность стенок каркаса и горизонтальность уровня верхней обвязки.

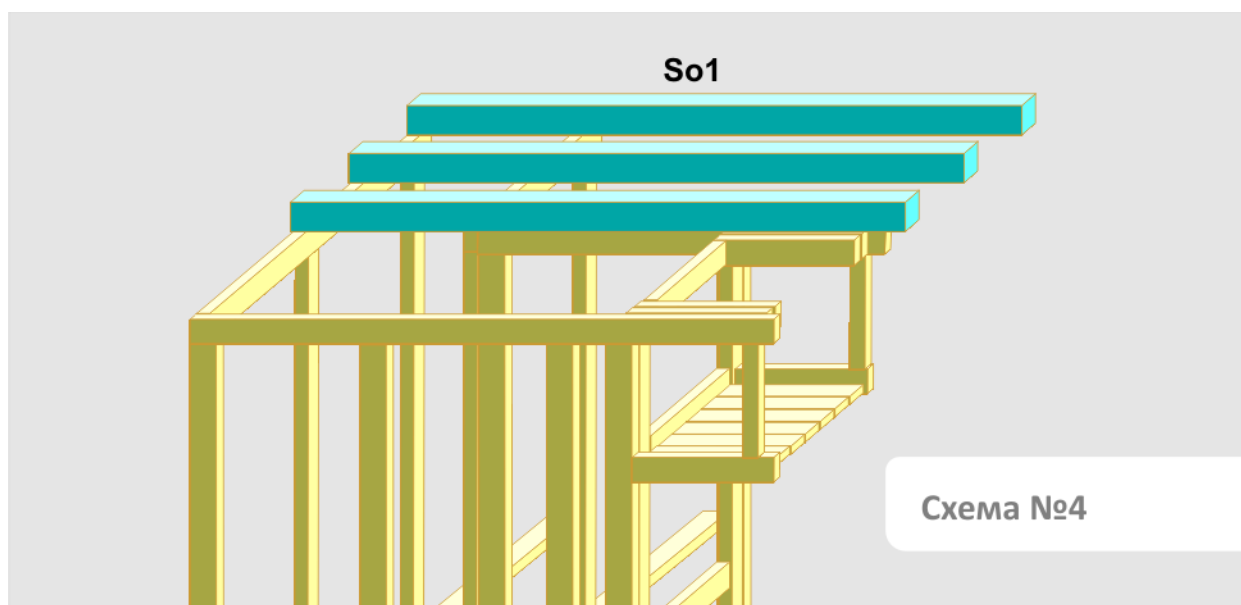
- Сверху балок обвязки каркаса каждые 40-50 см установите балки перекрытия (**So1**) 150x150 (или, к примеру, 70x180). Выровняйте концы по краю внешней стены или параллельно ей. Оставьте между балками расстояние достаточное для установки между ними соломенного блока и прикрепите их к верхней обвязке внутреннего и внешнего каркаса при помощи саморезов. **См. Схема №5.** Вы можете сделать некоторые балки выступающими за внешний край каркаса для организации балкона.

Установка балкона См.Схема №6

Балкон, как правило, устанавливается с самой освещенной стороны. Глубина зависит от высоты оконных проемов нижнего этажа и географической широты здания таким образом, чтобы закрывать окна нижнего этажа полностью от солнца в день летнего солнцестояния.

- Балки перекрытий, на которых устанавливается балкон, не должны продолжаться за пределы каркаса более чем на четверть своей длины
- Как минимум две крайние балки балкона необходимо установить в обвязке каркаса на пазы на шипах или зафиксировать уголками.

Если нет второго этажа полностью или частично, перейти к пункту 2е. Чердак и колонны коньковой балки.



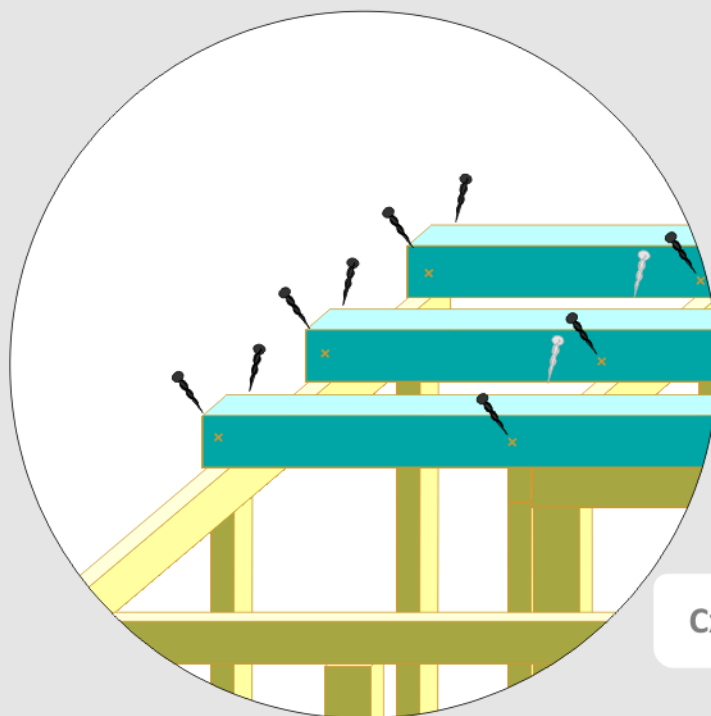


Схема №5

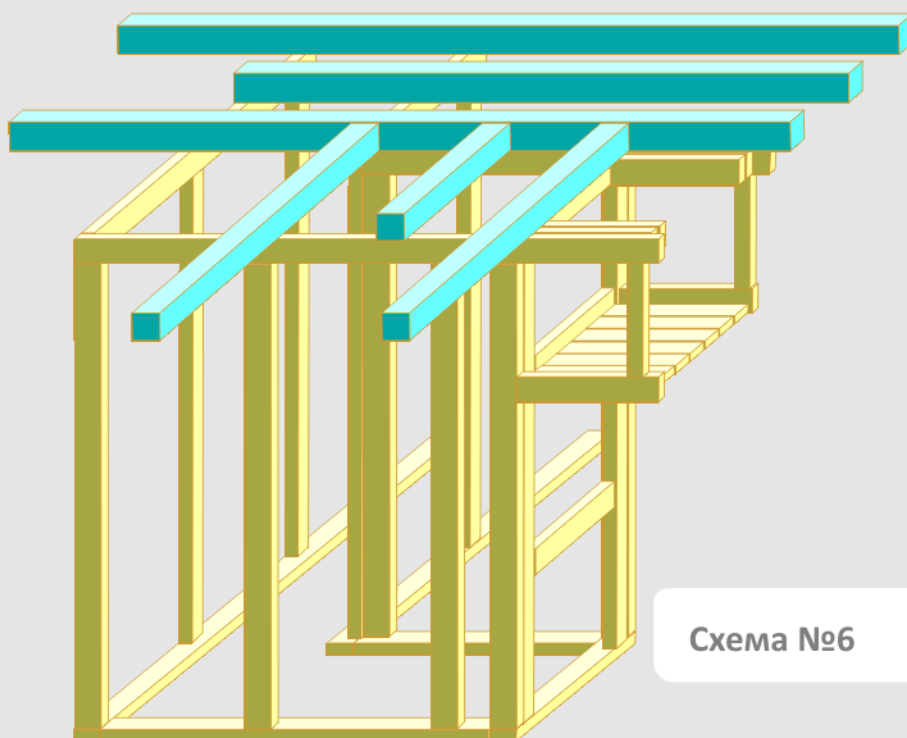


Схема №6

г. Начало второго этажа

Установка нижнего бруса обвязки второго этажа и вертикальных элементов.
См. Схема №7

Проверьте вертикальность каркаса и уровень верхней обвязки.

- Установите двойной брус нижней обвязки второго этажа (**Se2** ■) поверх межэтажных перекрытий. С тех сторон, где балки перекрытий не выходят на внешний каркас (когда они идут параллельно стене), брус не устанавливается, и для установки вертикальных элементов второго этажа используется балка верхней обвязки первого этажа.
- По периметру внешнего и внутреннего каркаса каждые 60см установите на саморезы вертикальные элементы (**Po2** ■, **Po2bis** ■) второго этажа. Их желательно устанавливать строго над такими же элементами первого этажа.
- Обратите внимание, что высота вертикальных элементов (**Po2bis**), расположенных непосредственно на верхней обвязке первого этажа выше остальных элементов (**Po2**) на высоту балок перекрытия (**So1**) плюс высоту нижней обвязки второго этажа (**Se2**)
- Если ширина окон второго этажа более 60см, необходимо установить вертикальные элементы (**PS** ■), поддерживающие горизонтальную окантовку окна (**AF** ■)
- В случае цокольного второго этажа, высоту вертикальных элементов необходимо согласовать с конфигурацией крыши.



Обратите внимание, что ширина окна второго этажа (См. Схема №7) по внутреннему периметру стены шире, чем ширина по наружному. Это делается для попадания большего количества света в помещение при значительной толщине стен.

Схема №7

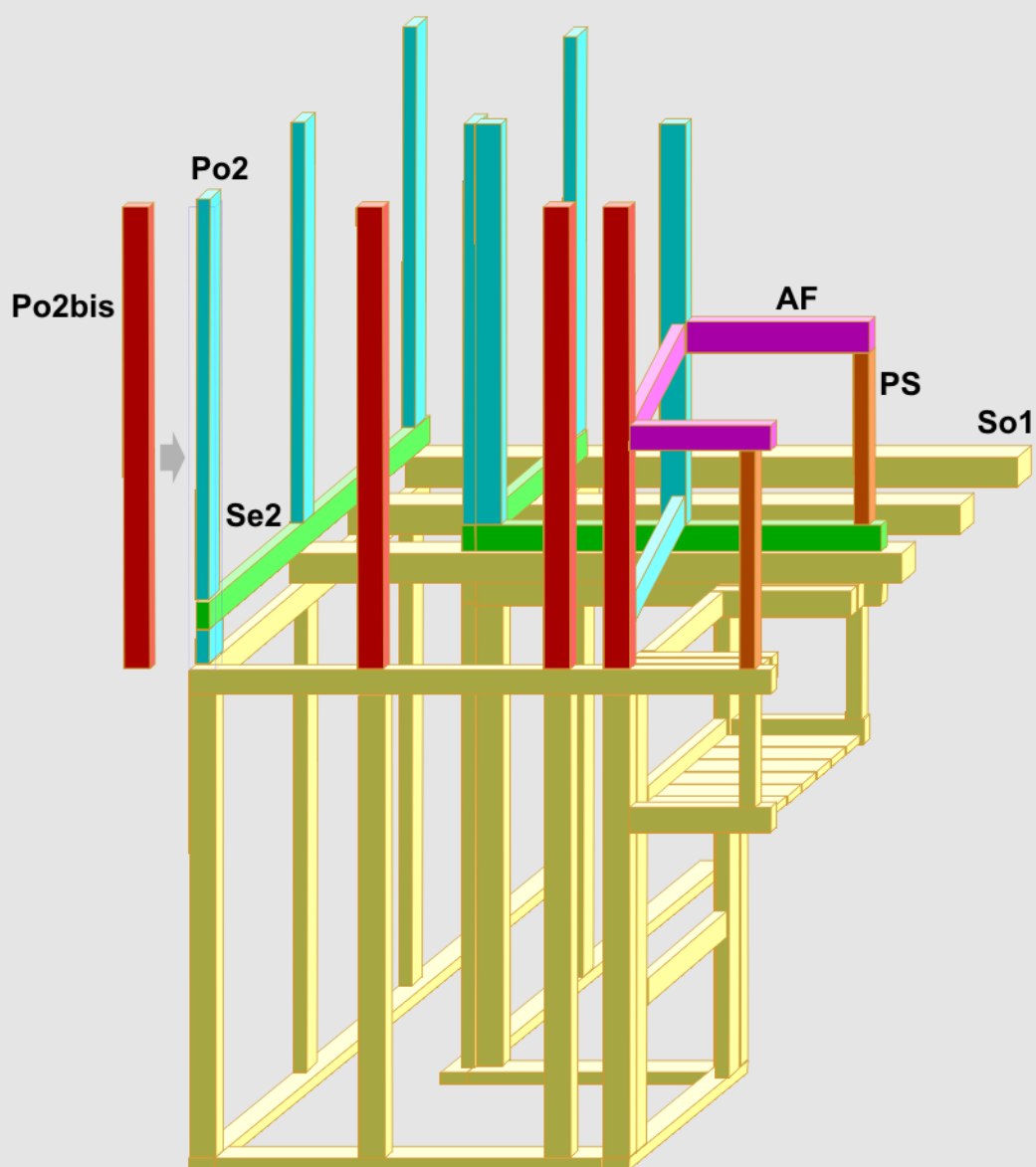
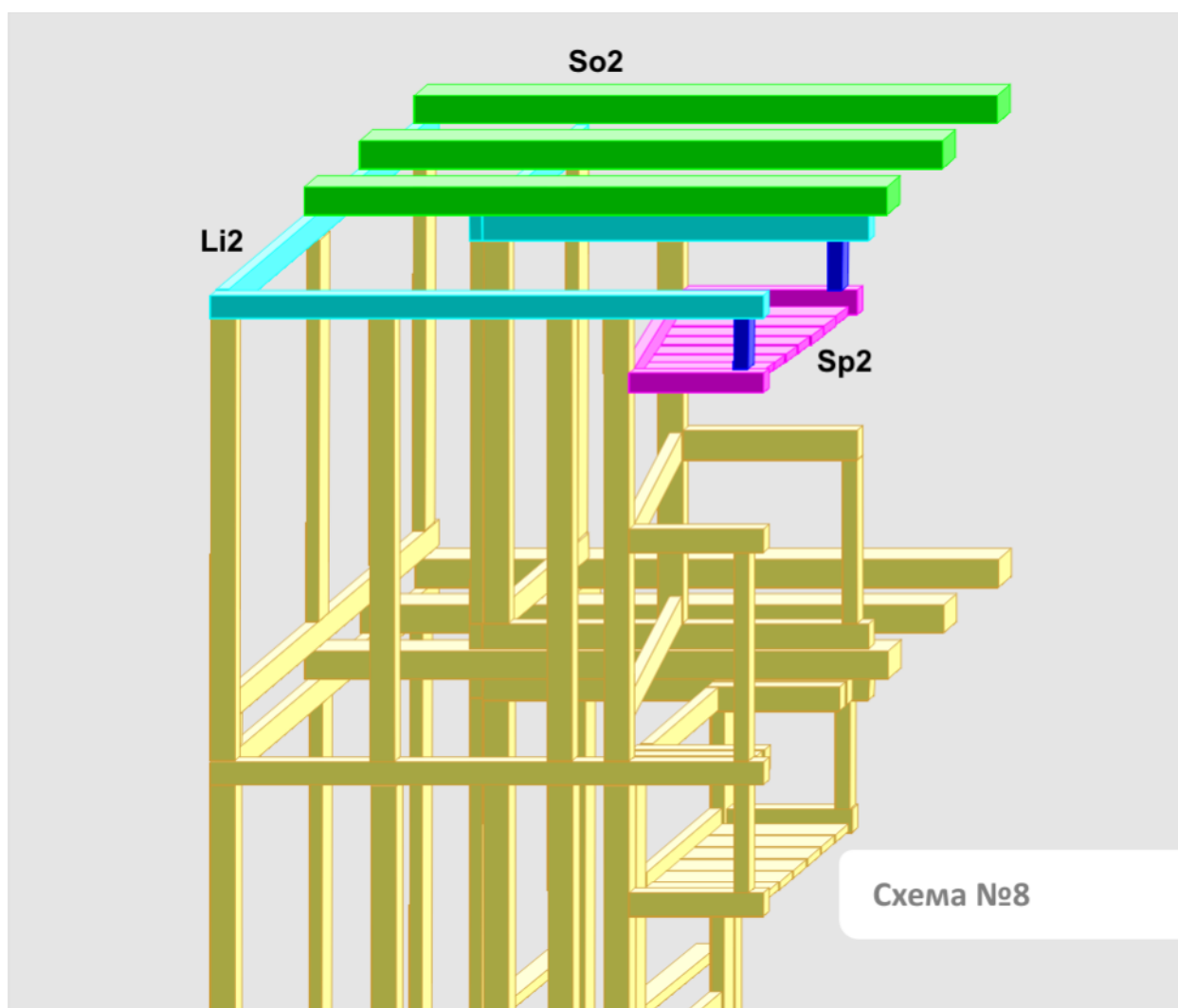


Схема №7

д. Окончание второго этажа

Окантовка дверей и окон, установка перекрытий чердака. См. Схема №8

- Как и для первого этажа, предусмотрите 0.5см зазор между оконной рамой и стенками каркаса по всему периметру окон, и также необходимо защитить досками верхнюю плоскость проемов (**Sp2** ■)
- Так же, как и для первого этажа, по верхним концам вертикальных балок внутреннего и внешнего каркасов второго этажа пустите двойную горизонтальную балку (**Li2** ■) верхней обшивки второго этажа.
- После этого, также как и этажом ниже, установите перекрытия чердака (**So2** ■). Перекрытия зафиксируйте саморезами.



е. Чердак и колонны коньковой балки

Проверьте вертикальность стенок каркаса и горизонтальность балки верхней обвязки второго этажа



Утепление крыши соломой необходимо, если чердак планируется жилым. И наоборот, если он таковым не планируется, утеплять нужно только балки перекрытия, а крышу можно оставлять неутепленной.









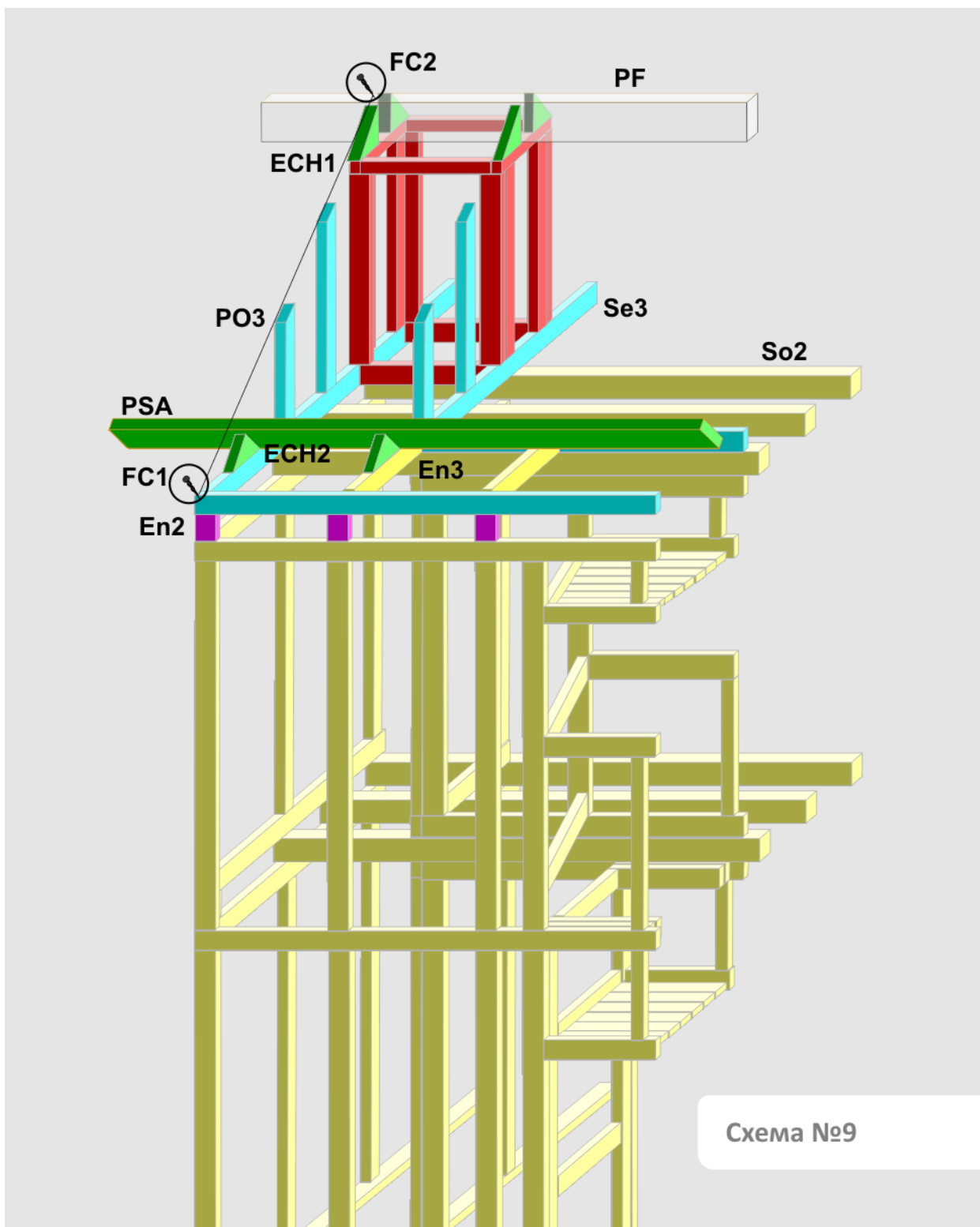
- Установите двойной брус (**Se3** ) поверх балок перекрытия (**So2** ) так же, как и этажом ниже.
- Для поднятия уровня внешней стенки каркаса, параллельной балкам перекрытия, до уровня бруса (**Se3**) установите на верхней обвязке внешнего каркаса стены, параллельной балкам перекрытия чердака, небольшие вертикальные элементы (**En2** ), равные высоте балок перекрытия чердака. На них установите брус обвязки (**Se3** )
- Для усиления жесткости каркаса соедините балки обвязки (**Se3**) внешнего и внутреннего каркасов небольшими перпендикулярными элементами (**En3** )
- Установка коньковой балки: сделайте две колонные сборки (**PA** ) на будущих краях коньковой балки из восьми вертикальных элементов, скрепленных по периметру сверху горизонтальными брусками и уголками, как показано на схеме №10. Не упускайте из виду, что вам будет необходимо установить в последствии стенные блоки внутрь колонной сборки. Устанавливать их можно как снизу, так и сбоку.
- Как уже было сказано, колонные сборки используются не только для установки коньковой балки, но и в местах перегрузки конструкции – внутренние и внешние колонны, в промежутках остекления и т.д.
- Для предотвращения падения или повреждения колонных сборок при монтаже коньковой балки, закрепите их дополнительно к элементам каркаса временными наклонными балками.
- Установите на колонные сборки коньковую балку (**PF** ) . Предусмотрите 40-50см выступ коньковой балки за внешний каркас стены с обеих сторон для создания защитного козырька над стеной. Тот же выступ сделайте в дальнейшем и для других горизонтальных балок крыши.
- Надежно прикрепите коньковую балку к уголкам колонных сборок (**ECN1** )

Схема №9



Установка других балок и элементов чердака

Проверьте горизонтальность установки балок чердака и вертикальность стенок. См. Схема №9.

- Натяните шпагат, соединяющий верхний угол внешнего каркаса (**FC1**○) и верхнюю точку коньковой балки (**FC2**○). Он показывает линии среза вертикальных боковых стоек чердака (**PO3**■) и крыши будущего чердака.
- Вырежьте на необходимый угол и установите уголки (**ECH2**■) на дополнительные элементы **EN3** для установки на них боковой чердачной балки (**PSA**■). Угол наклона (в сечении) балки **PSA** должен быть прямым по отношению к будущему скату крыши.
- Установите балку **PSA** на уголки **ECH2**. Верхний край балки должен касаться натянутого шпагата под углом 90°. Балка должна быть равной длины с коньковой балкой и также выступать за внешний периметр стены.
- В случае большой нагрузки на крышу под боковые балки крыши вместо уголков **ECH2** необходимо установить колонные сборки, подобные коньковой, но с наклонной установкой балки (на схеме не показаны). Верх этих колонных сборок также не должен выступать за натянутый шпагат.
- Аналогичные колонные сборки устраиваются в других местах повышенной нагрузки каркаса.
- Как правило, нагрузка на стропила крыши не требует установки промежуточных поддерживающих элементов конструкции. Для более подробной справки о расчете нагрузки крыши см. Приложение.
- **Каждая балка чердака должна лежать строго горизонтально**
- Отмерьте по натянутому шпагату и отрежьте под необходимым углом лишние концы вертикальных элементов **PO3**.

ж. Установка стропил

- Установите стропила (**LiC**) в виде двух стандартных элементов 40х100 каркаса поверх уже установленных и отрезанных под углом элементов **Po3**. Не забудьте, что стропила в своей нижней части должны выступать за внешний периметр стены на 40-50 см для организации козырька.
- Установите остальные 40х100 стропила (**Ch**) на расстоянии 40-50 см друг от друга по всей длине крыши и на ее краях за пределами стены. Они также должны выступать на 40-50 см внизу для организации козырька. Все стропила закрепите гвоздями.
- Стропила **Ch** могут быть стандартного (меньшего, 65х75мм к примеру) сечения, но стропила **LiC** должны быть 40х100 сечения для обеспечения необходимой жесткости каркаса.



Для реализации наклонной изоляции крыши соломенными блоками необходима доработка каркаса чердака до двустороннего варианта, имея ввиду, что всю нагрузку будет нести нижняя его сторона. Для расчетов используйте Приложение.

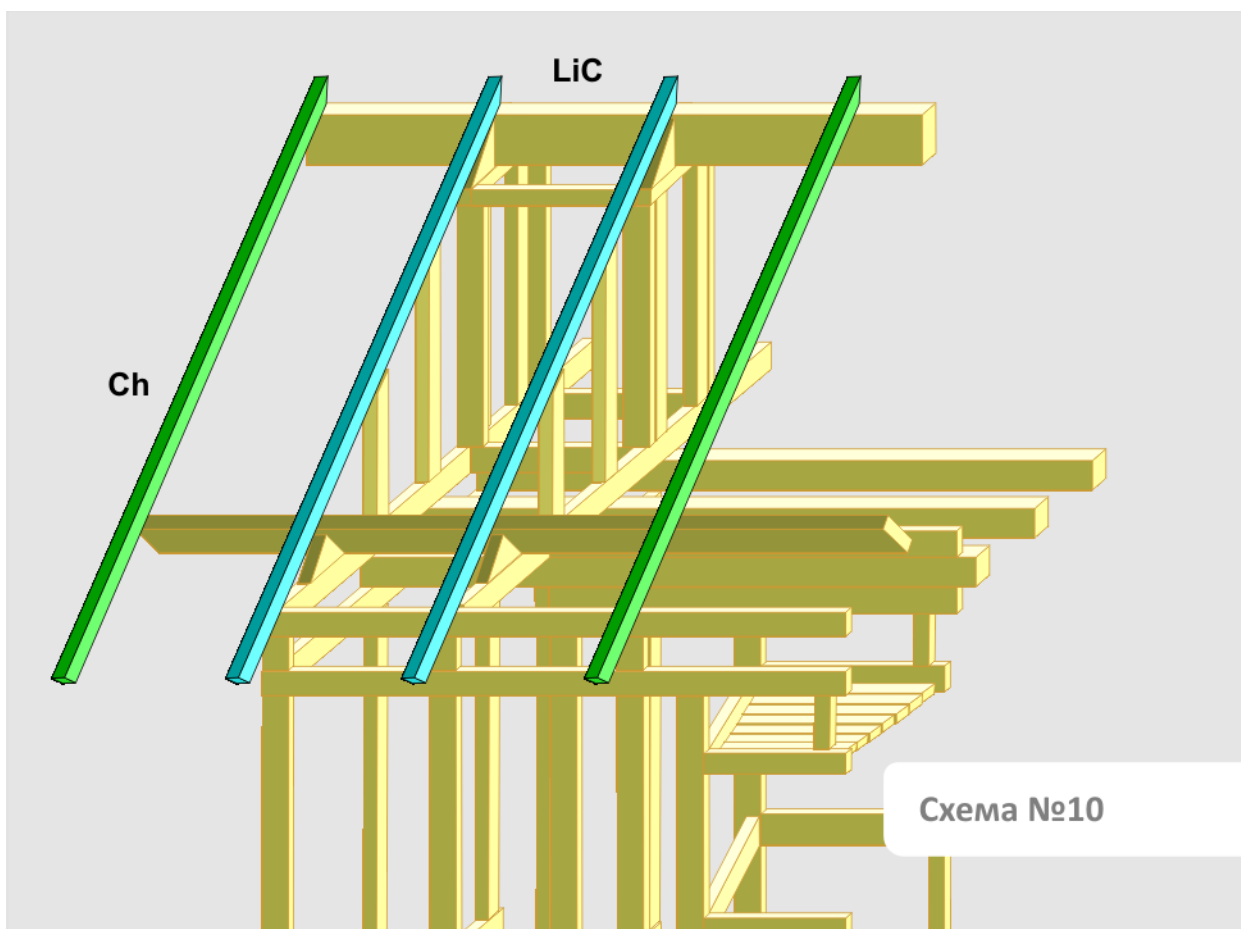


Схема №10

3. Влаго- и ветрозащита каркаса.

Укрытие и повышение жесткости каркаса.

- Начиная с нижней части стропил, начните укладку водонепроницаемой пленки (**PP**) продольными полосами по ширине рулона. Пленка должна быть хорошо натянута для предотвращения попадания влаги и ветра на стройплощадку. Каждая следующая полоса должна заступать на ~10 см на предыдущую для обеспечения герметичности. Крепление производится (мебельным) степлером.
- Для предотвращения срыва пленки ее нужно закрепить сверху рейками по стропилам. Крепление не должно быть «на века» для оставления возможности последующего его демонтажа при утеплении крыши.
- С целью укрепления каркаса до его заливки раствором необходимо установить наклонные (или накрест) вспомогательные доски по всем стенам каркаса (**CV**).

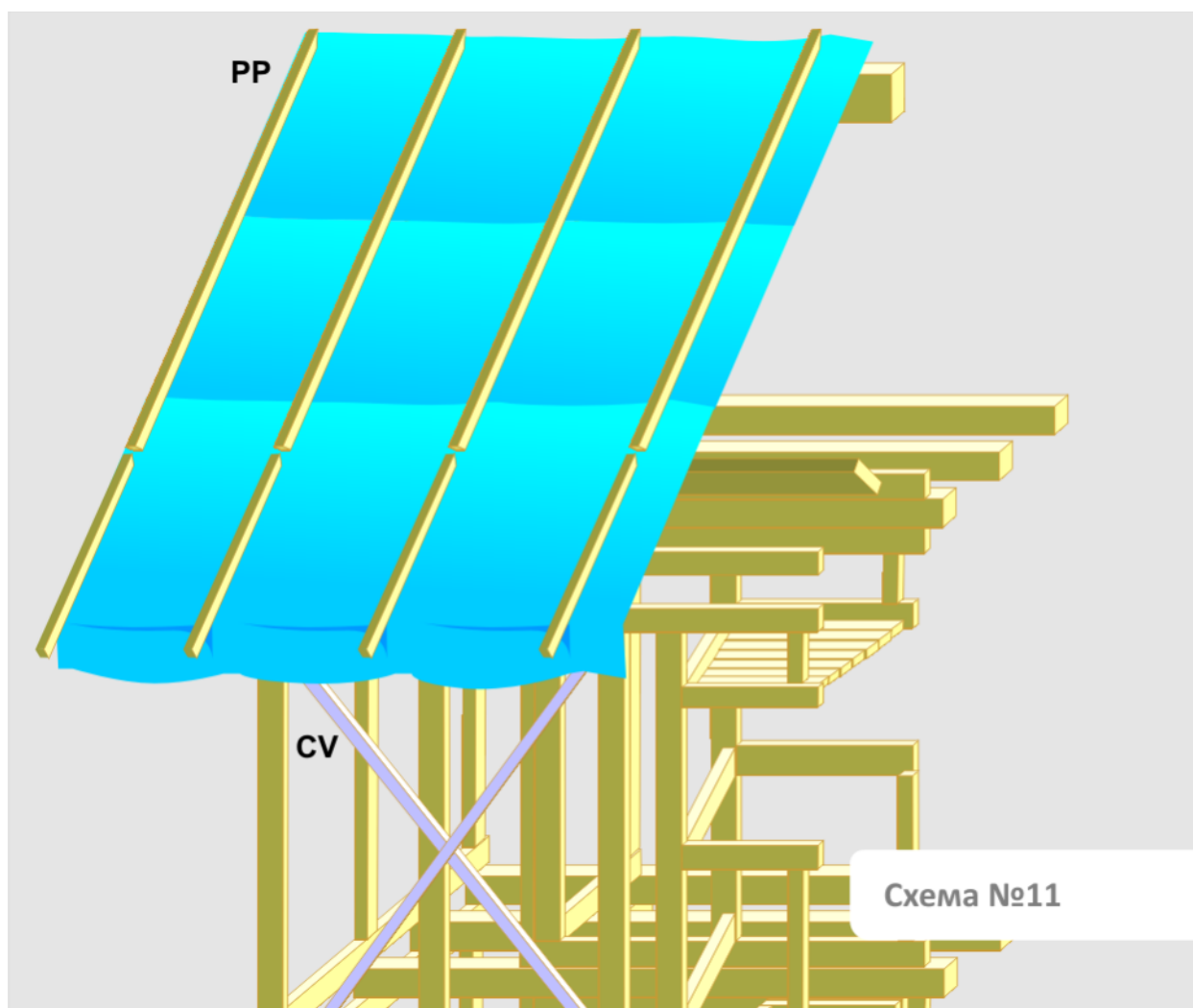


Схема №11

3. Электропроводка

- Электропроводка закладывается в эластичные трубы и прокладывается сразу после окончания каркаса и установки влагозащиты крыши.
- Трубы укладываются по периметру этажа, по которому идут, на уровне пола между внутренней стенкой каркаса и (будущими) соломенными блоками, и после заливки стены они полностью будут в стене.
- В местах выхода розеток трубы поднимаются по доскам внутреннего каркаса на 20-30см. На этом уровне в вертикальных досках внутреннего каркаса делаются отверстия диаметром равным диаметру труб. Трубы заводятся в эти отверстия со стороны (будущих) соломенных блоков и выводятся внутрь помещения (См. схему 12).
- Провода для вывода потолочных светильников устанавливаются в пространство (равное высоте балок перекрытия) между потолком нижнего этажа и полом верхнего и крепятся к балкам перекрытия.
- Распределительный щит также может быть встроен в стену, но необходимо понимать, что это несколько уменьшит термоизоляцию помещения.

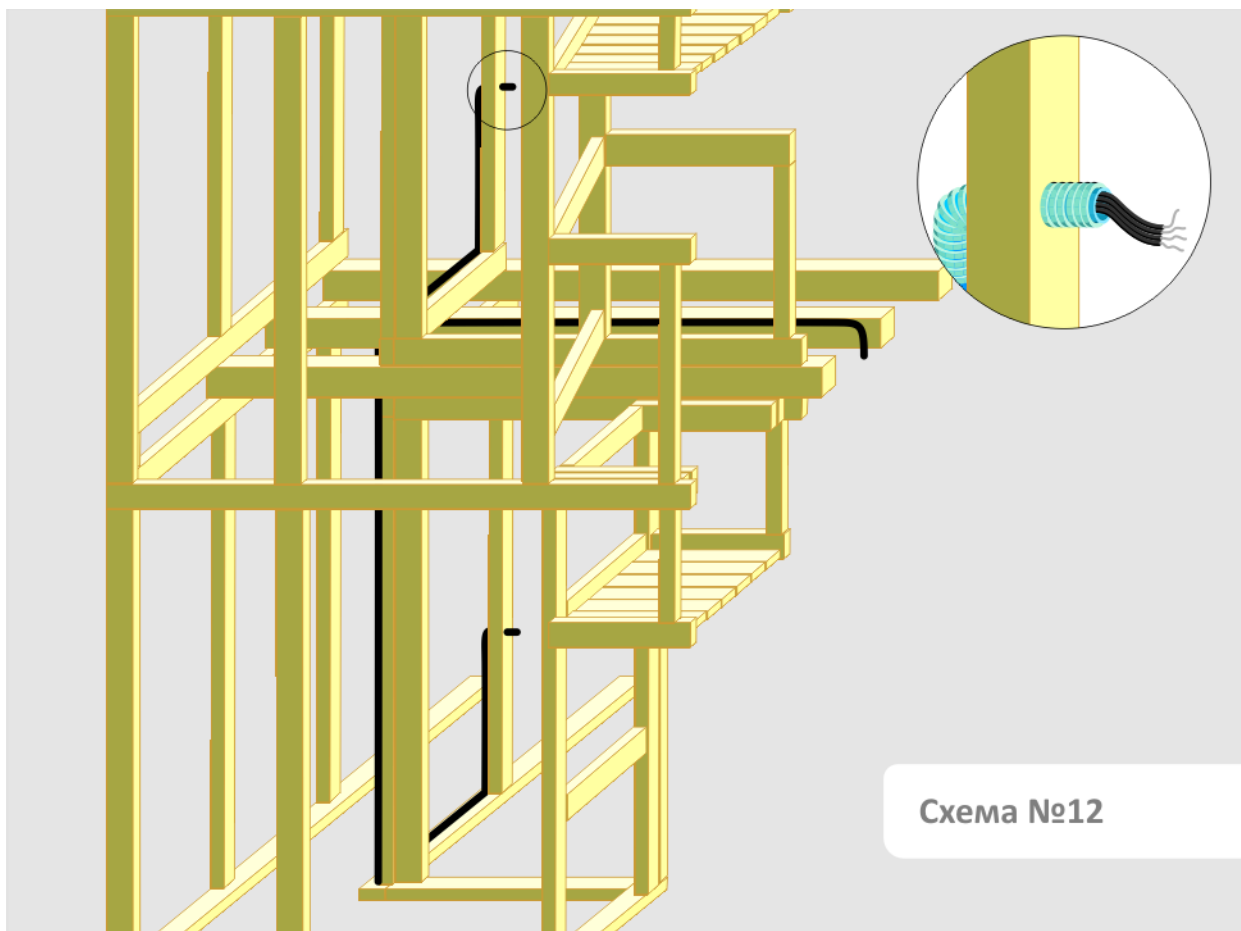


Схема №12

Все Готово?

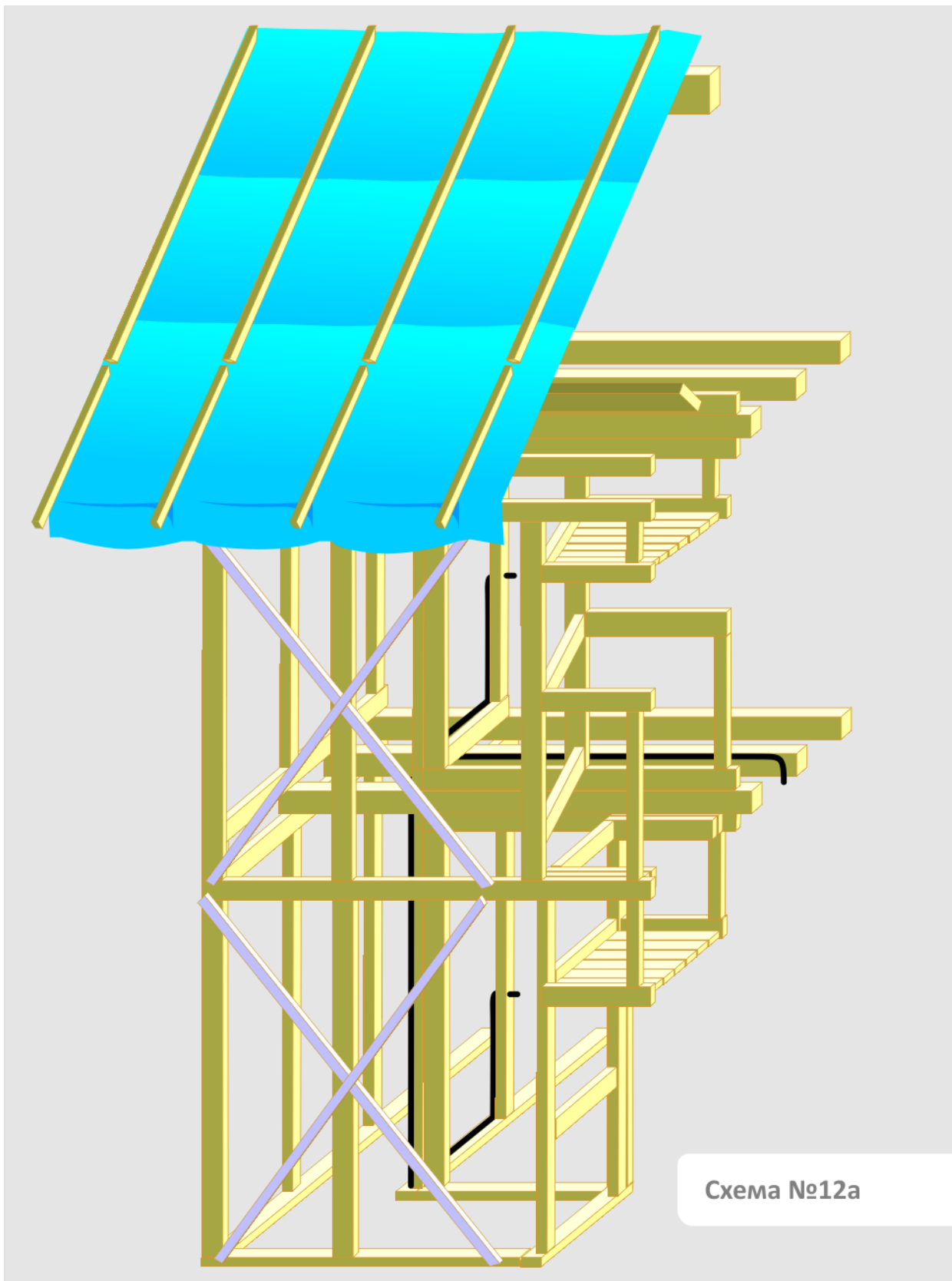


Схема №12а

Б. Установка соломенных блоков и заливка раствора.

1. Материалы.

Выбор соломы.

Солома выбирается зерновых культур (пшеница, рожь...) здоровая и сухая и даже в глубине тюка золотисто-соломенного цвета (это признак свежести соломы). Блоки должны быть плотными и хорошо спрессованными (а также без деформаций). Их размеры должны быть максимально идентичными. Направление волокон соломы разных блоков также должно совпадать. Их размеры приблизительно должны быть равны 40x50x75см. Поскольку размеры определяются типом сноповязалки и высотой стеблей, они могут незначительно различаться.

Первый ряд блоков можно укладывать из устойчивой к гниению соломы лаванды, если она есть в ближайшей доступности.

Выбор извести

Воздушная известь (Calcic Lime: CL ранее CAEB, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) при затвердевании схватывается с атмосферным CO_2 в течении значительного времени. Она упрочняется со временем, но вначале весьма пластична и плохо переносит давление, поэтому используется как штукатурка или же в смеси с цементом или гидравлической известью.

Гидравлическая известь (Natural Hydraulic Lime: NHL ранее XHN) затвердевает в контакте с водой. Время схватывания очень небольшое. При наличии кремнезема ее устойчивость к сжатию значительно лучше. Мы нашли три типа гидравлической извести: NHL2, NHL3.5, NHL5 (в зависимости от устойчивости к сжатию после 28 дней в Мегапаскалях, МПа).

Материал					
Свойства	CL	NHL2	NHL3.5/XNH60	NHL5/XNH100	Цемент
Сжатие (28 дн)	-	2MPa 30Bars	3.5Pa 60Bars	5MPa 100Bars	20MPa 400Bars
Звукоизоляция	Хор.	Хорошая			Слабая
Стойкость к воде	Хор.	Очень Хорошая			Оч. Хорошая
Пароизоляция	Оч. Хор.	Хорошая			Слабая
Срок хранения	Неогр.	6 месяцев			2 года
Норма		NF P-15311			NF P-15301

2. Заливка раствора.

Дома GREB построены на смеси воздушной извести и цемента. Известь – для того, чтобы дом дышал, цемент – для прочности. Эта смесь уже доказала свои преимущества.

Во Франции используется смесь гидравлической извести NHL 3.5 с цементом. Мы думаем, что наш вариант проигрывает немного во влагозащите, зато более прочен.

Использование только гидравлической извести на данный момент пока не доказано практически, но чисто теоретически NHL 5 нам видится достаточно прочной и обладающей прекрасной влагозащитой для самостоятельного использования.

Выбор опилок.

Опилки должны быть светлой древесины легких мягких пород, чтобы избежать проблем с красителями древесины. **Опилки значительно снижают удельный вес раствора и стабилизируют влажностный режим стены и помещения в целом.** Размер опилок не должен превышать 3мм. Опилки, как правило, можно взять там же, где вы берете вашу столярку для каркаса.

Приготовление раствора.

Основанный на опилках, раствор снижает расход извести и песка, а также является более пластичным при работе (когда опилки составляют 30-40% объема раствора). Он также работает как пенобетон и позволяет производить крепление мебели к стене металлическими болтами (анкерами) и саморезами. В случае повышенной нагрузки крепление необходимо производить непосредственно к каркасу.

Рецепт от GREB		
4 объема опилок 3 объема песка 1 объем воздушной извести 1 объем цемента		
Вариант 1	Вариант 2 (экспериментальный)	
4 объема опилок 3 объема песка 1 объем гидравлической извести 1 объем цемента	8 объемов опилок 9 объемов песка 6 объемов гидравлической извести	
Консистенция должна быть достаточно жидкой, чтобы литься, но и достаточно плотной, чтобы избежать эффекта стратификации (расслоения), видимого вовремя снятия опалубки. Вы найдете нужную консистенцию после нескольких попыток.		

а. Начало заливки

Установка блоков, гвоздей, стяжек и опалубки

- Заполните пространство между двумя нижними брусьями каркаса первого этажа раствором (**MoS** ■) для создания гидроизоляции соломы от фундамента. Это поднимет также уровень первого ряда блоков на 4см. Возможное повышение влажности в этой зоне будет предотвращаться боковыми стенками раствора.
- Пока раствор не застыл, установите первый уровень соломенных блоков (**Ba1** ■) плотно трамбуя их один к одному в горизонтальном направлении с целью избежать неравномерности теплоизоляции. В случае образования пустот, их также необходимо заполнить пучками соломы.
- На каждой боковой стороне вертикальных досок каркаса забейте 5-6 гвоздей размером 6-8 см на высоту уже установленного ряда блоков. При заливке раствора в дальнейшем гвозди прочно свяжут каркас с раствором, поэтому гвозди лучше выбирать устойчивые к ржавчине. Гвозди и далее необходимо забивать во всех местах контакта раствора с древесиной каркаса. Это позволит сформировать в последствии прочную связку каркас-раствор-солома. Гвозди забиваются на половину их длины.



Гвозди забиваются только после установки каждого ряда блоков во избежание возможных травм и трудностей установки соломы.

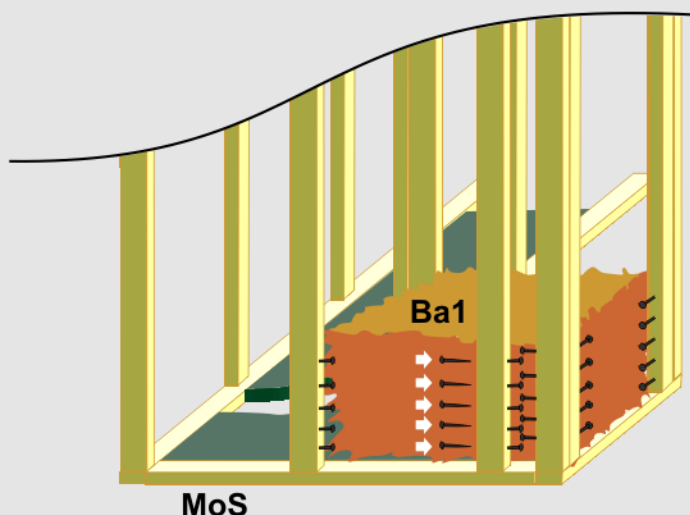


Схема №14

- Установите металлические ленточные стяжки (**FM** ■) сверху блоков между параллельными вертикальными элементами каркаса для фиксации каждой пары столбов внутреннего и внешнего каркасов. Они позволят укрепить каркас и связать внешнюю и внутреннюю стенки.
- Стяжки можно заменить на деревянные 20х40 брусочки, которые привинчиваются к торцам вертикальных досок каркаса. Длина этих брусочков, таким образом, на 8 см (2 толщины вертикальной доски) больше внутреннего пространства между каркасами.
- Брусочки, как и ленточные стяжки, необходимо устанавливать как можно ниже, ближе к соломенным блокам, иногда даже с силой утапливая их в солому.
- Удалите ненужные наклонные вспомогательные балки, служившие для увеличения жесткости каркаса и вертикальности его стенок.
- Прикрутите листы опалубки (**Cof** ■) (фанера 10мм или аналог) к наружной стороне каркаса. Используйте по 3 самореза на шайбах для крепления к каждому столбу. Опалубка должна быть достаточно жесткой, чтобы не деформироваться при давлении на нее раствора. Шайбы позволяют опалубке переносить большую нагрузку без деформации соединений и сохранить ее в рабочем виде до конца строительства.



Опалубка вам еще понадобится для устройства пола чердака или обшивки крыши. Использование в качестве опалубки прессованных плит (ОСП, ДСП) не допускается ввиду их значительных деформаций при адсорбции влаги и прилипания их к раствору.

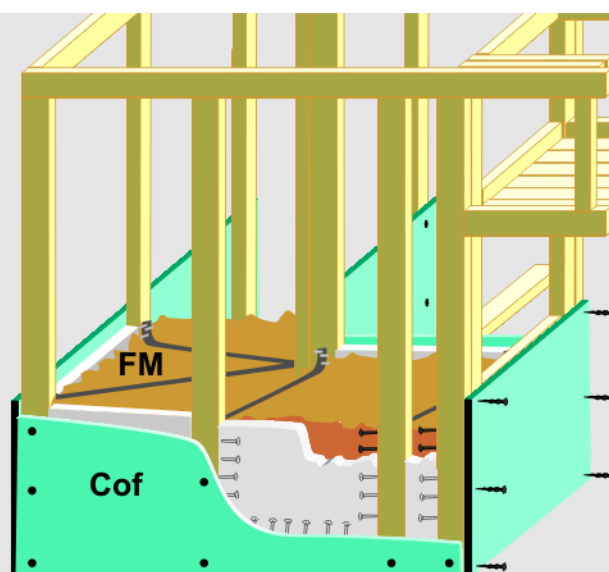


Схема №15

Заливка раствора и снятие опалубки

- Налейте раствор в пространство между опалубкой и блоками сена. При помощи деревянного бруска плотно утрамбуйте раствор, чтобы избежать дефектов по краям объема и убедиться в том, что раствор гарантированно достиг дна опалубки. При этом вода из раствора должна капать с нижней кромки опалубки. Позаботьтесь о тщательности выполнения этого этапа, чтобы избежать полостей и пустот в будущей стене, удаление которых может занять значительное время.
- Внутренняя стенка каркаса заливается подобным же образом. Старайтесь соблюдать одинаковую толщину заливки внутренней и внешней стенок каркаса для сохранения равновесия стены в целом.

НЕ ЗАЛИВАТЬ ПРОСТРАНСТВО МЕЖДУ БЛОКАМИ

- На следующий день аккуратно отвинтите опалубку и удалите с нее остатки раствора (мастерком). Опалубку храните чистой.



Весь крепеж опалубки оставляйте на следующий ряд заливки.


- Установите второй ряд соломенных блоков и повторите все предыдущие операции. Место установки блоков следующего ряда не зависит от места установки блоков предыдущего ряда. Жесткие рамки каркаса и заливка раствором лишают смысла какую-либо пространственную организацию блоков.





Солома, защищенная крышей (сверху) и раствором (со стороны) не боится длительных перерывов в строительстве во время дождей, в противном случае могла бы разложиться в случае длительного и неизбежного разрушительного воздействия.

6. Заливка окон и дверей

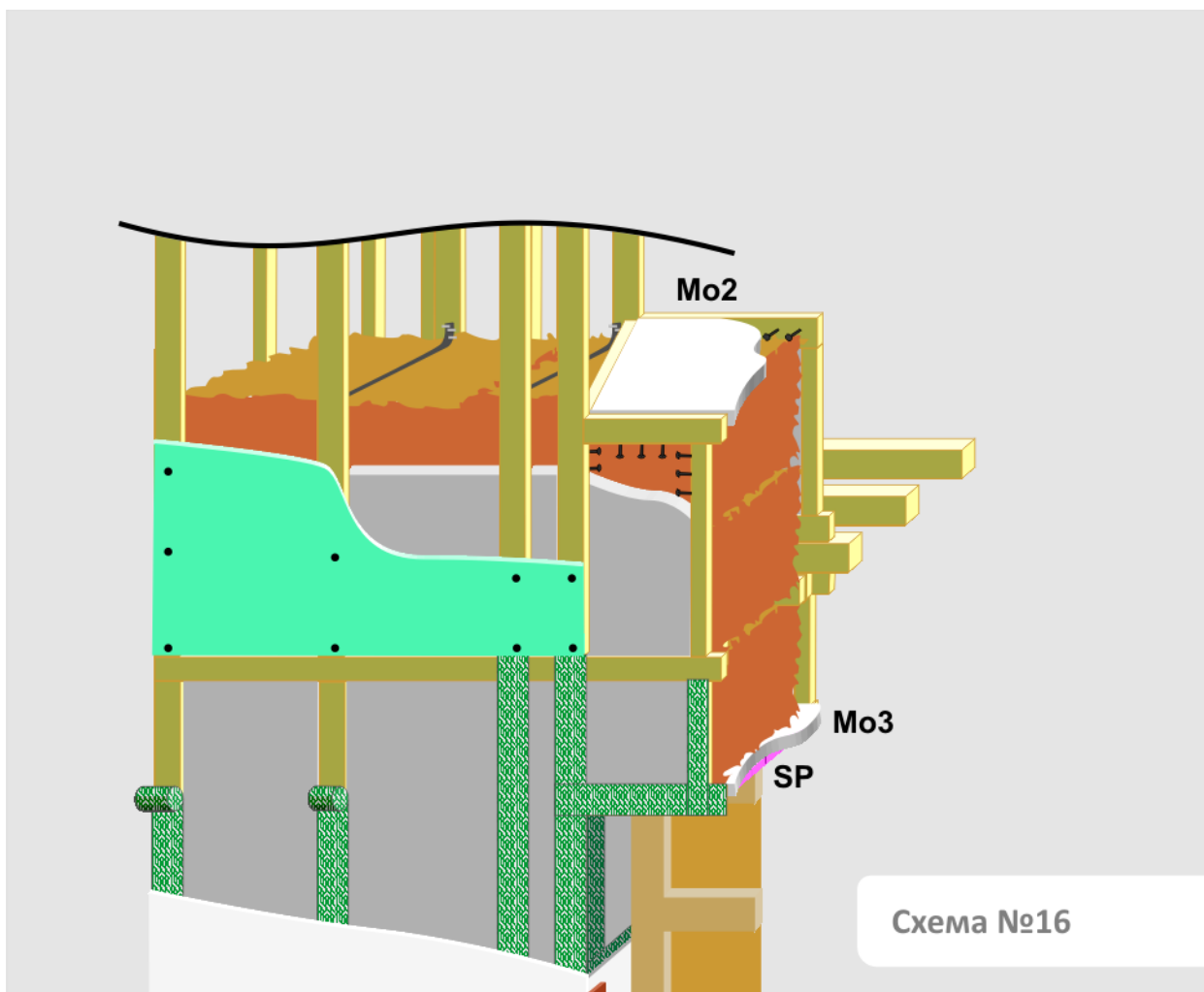
Заливка вокруг проемов.

- Под окном залейте солому подоконника раствором толщиной не менее 5 см. (**Mo2** ). Не забывайте о забивке гвоздей во все боковые поверхности каркаса, заливаемые раствором.

Над дверью или окном (поверх уже закрытой каркасом поверхности **SP** ) также залейте 5 см раствора (**Mo3** ) для предотвращения контакта соломы с атмосферной влагой.



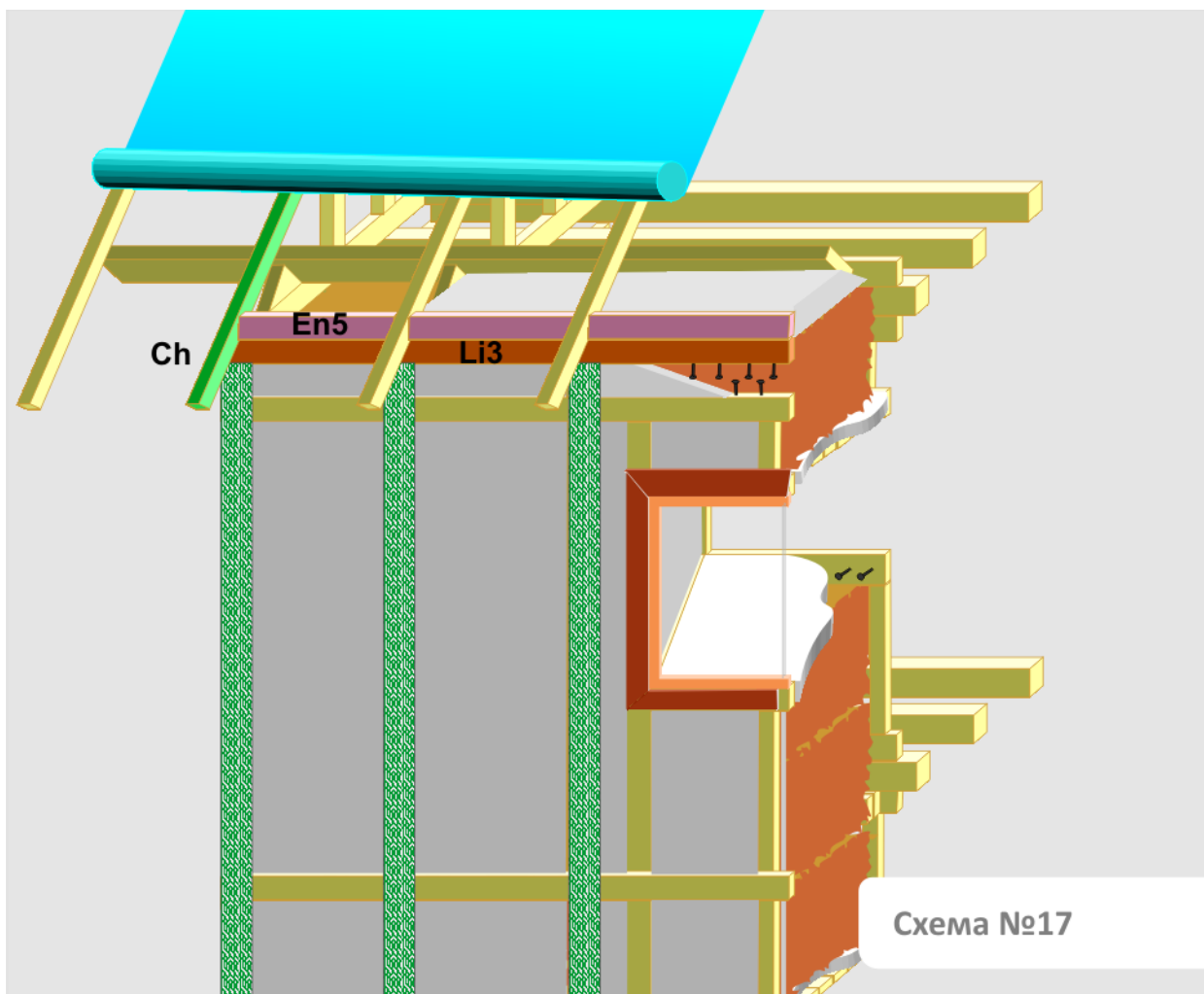
Все подоконники и порожки дверей есть предмет особой тщательности работы, так как по ним стекает дождевая вода, нежелательная для соломы.



в. Конец заливки стен

Завершение верхнего торца стен.

- Для окончания верха стены отогните часть пленки крыши, мешающую работе.
- Прикрутите распорки (**En5** ■) над балками верхнего этажа (**Li3** ■) внешнего каркаса между стропилами крыши (**Ch** ■). Они предотвратят попадание во внутреннее пространство стены грызунов и птиц. Распорки имеют высоту стропил крыши и могут быть в последствии оштукатурены.
- На уровне распорок необходимо оставить пространство без соломы не менее 5см для закрытия раствором стены сверху. Перед заливкой раствора не забудьте забить гвозди в боковые стенки, контактирующие с раствором. Затем залейте сверху соломы раствор толщиной не менее 5см.



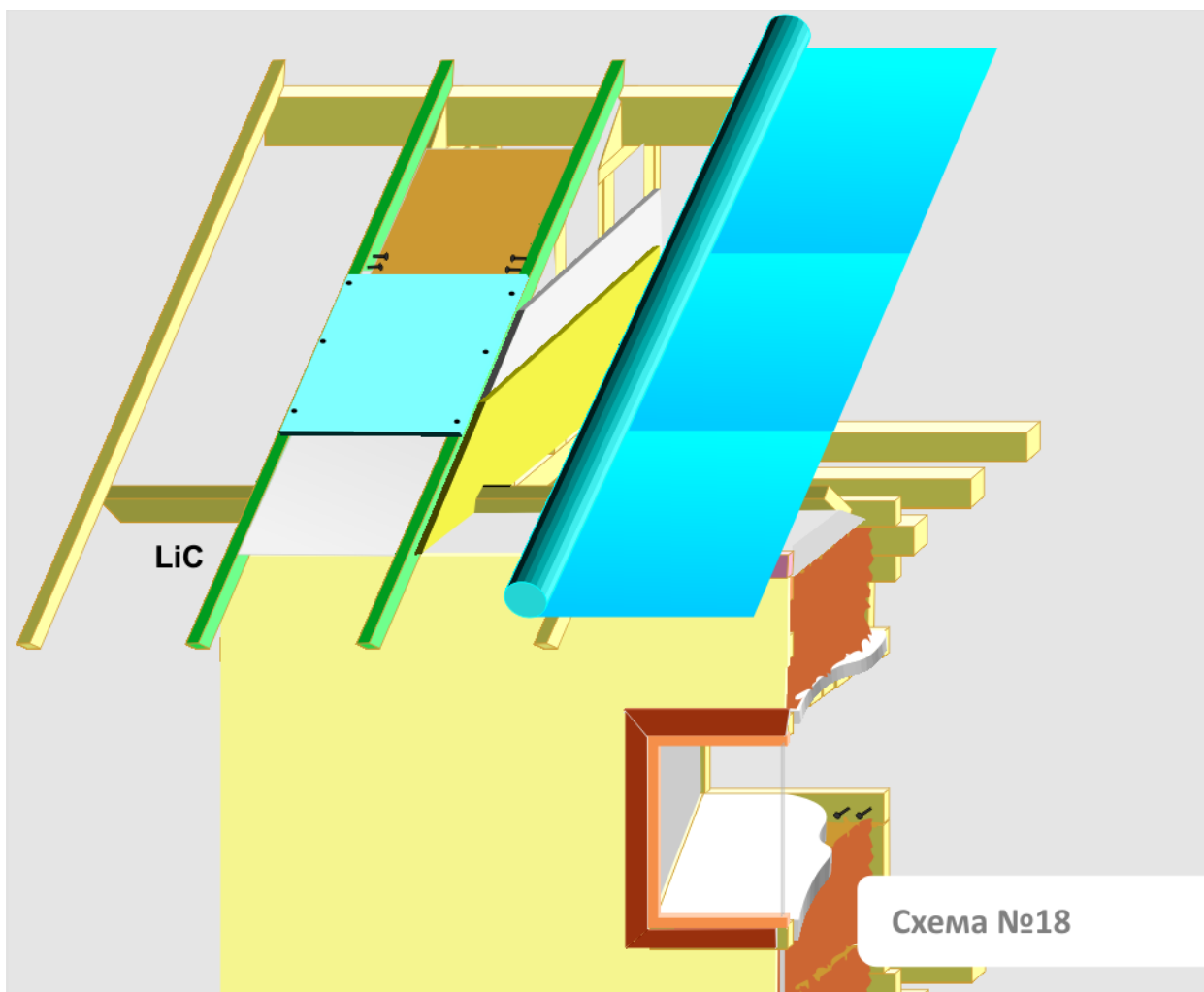
г. Заливка чердака

Конец заливки чердака.

- Отрежьте под нужным углом некоторые соломенные блоки уже установленные в боковых скошенных стенках чердака. Уберите солому не менее 5см от верхнего края стропил.
- Забейте гвозди для раствора в боковые стенки стропил (**LiC** ■).
- Установите наклонно опалубку и залейте ее раствором



Использование более густого раствора позволяет не устанавливать верхнюю опалубку, кроме случая очень покатой крыши.



д. Устранение дефектов

- Очистите все дыры (результат ошибок заливки) от соломы и непрочно держащегося раствора.
- Заделывать дыры необходимо достаточно вязким раствором из песка и извести. Для заделки необходимо пользоваться мастерком.

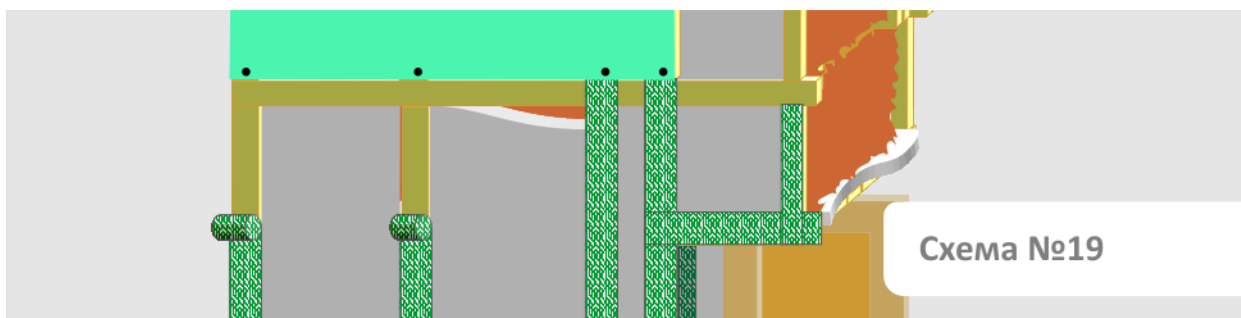
Рецепт раствора для заделки дефектов:

2 объема извести

4 объема песка

при необходимости немного опилок

вода добавляется только до необходимого вязкого уровня.



е. Маленькие хитрости

Резка блоков

- Для ровной резки возьмите иголку 60 см, вденьте в нее корд для перевязки блоков и на необходимом расстоянии проденьте сквозь блок, оберните вокруг блока и сделайте так еще несколько раз, затем крепко завяжите концы. Затем тоже само сделайте с другой стороны. Таким образом, вы сформировали два меньших блока вместо одного большого. Теперь можно разрезать старый корд и получить два новых блока нужного размера.
- Для резки под углом тем же способом сформируйте два новых блока под необходимым углом, оставляя между новыми обвязками свободную полосу 5см, по которой и сделайте разрез блока ручной или дисковой отрезной пилой.
- Для заливки труднодоступных мест пользуйтесь воронкой со шлангом или открытым желобом.
- Используйте строительный блок для поднятия раствора на высоту.
- При снятии опалубки сразу удаляйте выпуклые неровности раствора путем соскабливания мастерком пока они свежие.



Саморезы, которыми крепится опалубка, меняйте каждые 3-4 крепления, так как они постепенно снижают свои технологические качества

В. Влаго- и Ветрозащита

1. Крыша.

- Все указания даны для крыши, покрываемой черепицей или шифером, и являются скорее рекомендательными, и в каждом конкретном случае необходимо обращаться к Приложению, справочнику или техническому специалисту.

Установка реек и черепицы.

- Восстановите отогнутое при заливке верха стен влагостойкое покрытие крыши и снова зафиксируйте его рейками.
- Вычислите вертикальный шаг черепицы, исходя из ее документации или просто отмеряя на земле, на нескольких уложенных листах.
- На каждом скате крыши, на крайних стропилах, полностью выступающих за пределы стен, отметьте, по всех их длине, вертикальный шаг черепицы.
- Затем возьмите веревку и, натягивая вдоль всей крыши по уже отмеченным на крайних стропилах местам, наметьте таким же образом все остальные стропила.
- По отмеченным на стропилах местам забейте горизонтальные рейки, на которых будет держаться черепица (шифер). По одному гвоздю на каждое пересечение стропила и рейки.
- Каждое окончание и начало рейки должны быть точно над стропилом для придания конструкции жесткости. Исключения могут составлять только края крыши или различные сопряжения с другими скатами и водостоком.
- Проверьте выборочно правильность вашей конструкции, укладывая листы черепицы в разных местах.
- Начните класть черепицу, начиная снизу и заканчивая на коньковой балке, на которой уложите коньковую черепицу или просто оцинкованный конек.
- Для вентиляции крыши предусмотрите несколько вентиляционных отверстий.

2. Дверные и оконные рамы

- Устанавливайте оконные и дверные рамы до начала штукатурных работ, с целью качественной их заделки и не забывайте укладывать изоляцию между рамами и проемами.
- С целью избежать возможных проблем с водостоком вокруг окон, устанавливайте оконные рамы как можно ближе к внешнему краю оконных проемов.
- Оконные рамы привинчивайте непосредственно к столбам каркаса. Установку окна заканчивайте наличником по всему периметру окна, привинченным к раме окна и захватывающим часть стены. Все получившиеся при соединении щели необходимо заполнить монтажной пеной или волокнистой изоляцией на замазке.
- Двери можно устанавливать как по внешнему краю стены, так и в глубине стены. Во втором случае не забудьте, при изготовлении каркаса, установить распорки **EnP** (См. **Схема №3**) для крепления к ним дверей.



В случае установки окон в глубине проема, для них также необходимы распорки EnP, равно как цинковый или бетонный (с уменьшенным содержанием песка) водосток внизу окна. Установку водостока необходимо производить с максимальной тщательностью во избежание проникновения воды внутрь стены.



Ставни могут крепиться на петлях, прикрученных непосредственно к столбам каркаса, или сквозь наличники.


3. Штукатурные и отделочные работы.

Все указания даны для штукатурки на основе извести и являются рекомендательными. В каждом конкретном случае при необходимости следует обращаться к документации, пройти курс обучения или обратиться к специалисту.

Приготовление стен и растворов. См. Схема №20.




Идеальный сезон для штукатурных работ – это весна или осень, когда не так много солнца, температура 5..25°C, влажность в средних значениях. Первый слой штукатурки желательно положить до зимы, чтобы лучше защитить стену.

- Мебельным степлером прикрепите полосы стеклоткани (**ТМ** ) ко всем видимым деревянным поверхностям каркаса. Полосы должны на 1-2 см выступать за пределы древесины с каждой из сторон. Штукатурка плохо крепится к древесине, поэтому без стеклоткани у нас будут пустоты между деревом и слоем штукатурки.



Использование металлической сетки вместо стеклоткани может повлечь появление в штукатурке трещин из-за ржавчины. Натуральные же волокна не выдерживают круглогодичной внешней эксплуатации и пригодны только для внутренних работ.

- Между заливкой стен и оштукатуриванием должна быть, как минимум, одна неделя для просушки стены.
- Раствор для первого слоя штукатурки (**Ce1** ) разводится только из извести и воды. Эта смесь хорошо закрывает все мелкие трещины стены. Консистенция маслянистая, жирная. Не шлифуйте этот слой, чтобы последующий к нему хорошо прилегал.



Внимание, штукатурка не должна доходить до земли и вступать с ней в контакт. Это предотвратит поднятие влаги по капиллярам штукатурки. Оставьте не менее 10 см между штукатуркой и землей. Фундамент можно не штукатурить, но самый низ стены, где начинается каркас, должен быть оштукатурен обязательно.


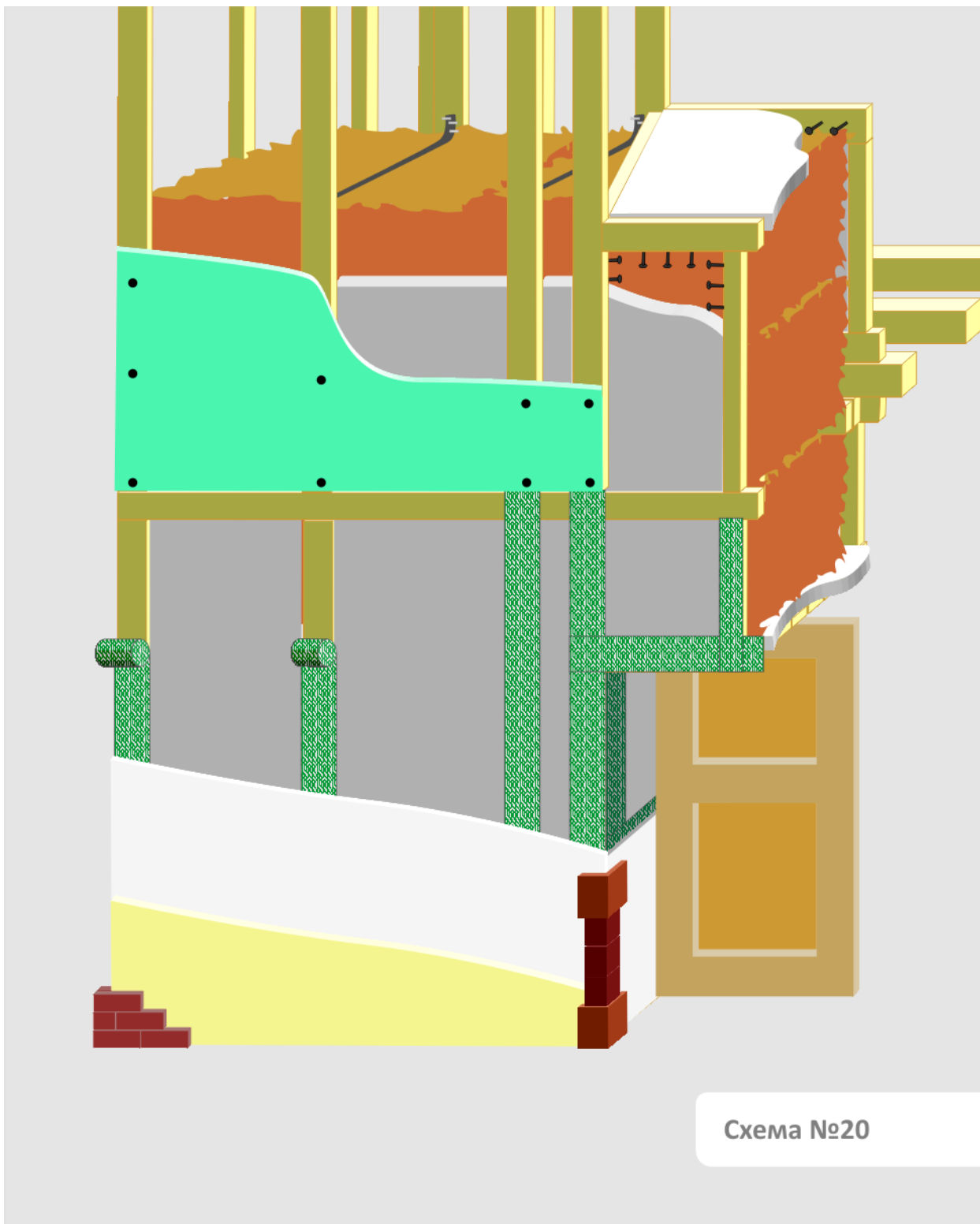
- Следующий слой (**Ce2** ) готовится уже с меньшим количеством извести (более жидкий) чтобы избежать растрескивания штукатурки.
- После нанесения и высыхания он уже шлифуется губкой, виброшлифовальной машиной или наждачной бумагой.

Схема №20



Советы по оштукатуриванию проемов

- Хорошо увлажняйте перед оштукатуриванием низ проема, чтобы обеспечить хорошее сцепление и избежать слишком быстрого высыхания.
- Правильно выбирайте время работ и сезон.
- Между каждым слоем оставляйте 24 часа на просушку.
- Хорошенько промывайте инструмент в конце рабочего дня. Однажды засохшую известь гораздо сложнее отчистить, чем влажную.

Рецепт раствора для штукатурных работ

Дозировка штукатурки	Воздушная известь	Гидравлическая известь
Грунтовый слой 1см толщины	6 объемов извести 10 объемов песка (0-5мм)	5 объемов извести 10 объемов песка (0-5мм)
Чистовой слой 0.5-1см толщины	4 объемов извести 10 объемов песка (0-2мм)	3 объемов извести 10 объемов песка (0-2мм)

4. Варианты отделки

Известковое молоко, декоративный кирпич, окаймление окон и другие варианты

- Чтобы получить белую стену, как внутри (LC I) так и снаружи (LC E), используйте известковое молоко. См. **Схема №21**

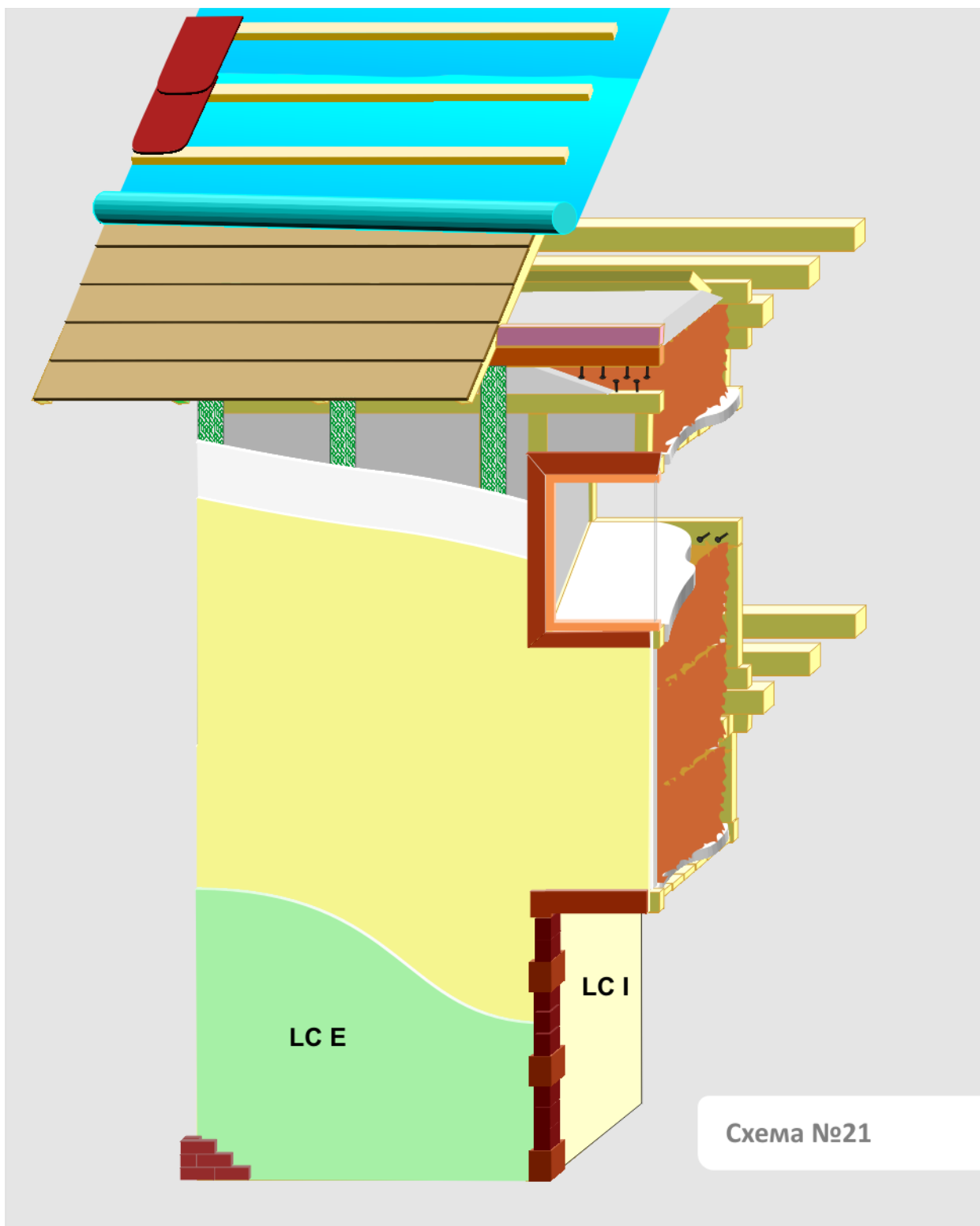
Рецепт известкового молока
1 объем извести на 2 или 3 объема воды.
На каждые 2 или 3 литра воды добавьте 1 горсть соли и от 25 до 50г ПВА для фиксации штукатурки.
Для внутренней отделки добавка ПВА обязательна

Консистенция раствора должна быть, как у краски. Наносить раствор можно как кистью, так и валиком.

В зависимости от местных традиций, можно:

- Перед покраской выложить стену декоративным кирпичом или камнем
- Добавлять в штукатурку красящий пигмент
- Устанавливать декоративные колонны
- А также отделывать помещение другими материалами (гипс, толь, лепная штукатурка и т.д.)

Схема №21



Вывод

Вот мы и завершили описание техники GREB. Мы надеемся, Вы будете строить с удовольствием.

Мы напоминаем, что этот документ только предлагает технику автостроительства. Каждый адаптирует и применяет ее согласно собственным нуждам и возможностям.

Возможно, к примеру, использование техники GREB для изолирования существующих стен половинными по ширине соломенными блоками. В этом случае вы устанавливаете каркас только с одной стороны стены и заливаете раствор только с одной (утепляемой) стороны.

Определенные аспекты строительства не были как следует тестированы, как, к примеру, установка слуховых окон, литье раствора по дуге арки, и т.д. Нам это не кажется проблемой, но мы были бы весьма рады, если бы вы продолжили эти эксперименты с техникой GREB. Вы могли бы тогда принести значительную пользу своими улучшениями. Делитесь вашим опытом для третьей, более полной редакции этой книги, и она выйдет в свет. Каждый построенный дом – это источник открытий, которыми можно делиться с окружающими.

В любом случае, храните две фундаментальные идеи этой техники:

- **Самостроевец всегда должен искать решение, которое позволит закрыть солому в дышащую защитную оболочку из раствора.**
- **Работа должна быть несложной как для каркаса, так и заливки раствора**

Добивайтесь продолжительности срока службы соломы в стене, непрерывности строительства и высокого качества воздуха в помещениях.



Используя по максимуму материалы, находящиеся под рукой, вы снижаете нагрузку на окружающую среду и добиваетесь существенной экономии.

Приложения. Расчет перекрытий

Это приложение составлено по материалам «Initiations a la charpente» и «Choisir et realiser sa charpente». Все данные и вычисления даны исключительно в информационных целях и читатели могут брать их на вооружение под свою ответственность.

Таблица №1 допустимых нагрузок для деревянных элементов конструкций

При производстве вычислений разумеется, что:

- Используется древесина хвойных пород класса ST-II (канадская норма В 52-001)
- Влажность менее 15%
- Удельный вес древесины ~500 кг/м³
- Элементы конструкции установлены на двух опорах горизонтально
- Нагрузка распределена равномерно.
- **Жирным шрифтом** показаны значения для DTU, CB-71 (допустимая безопасная нагрузка)
- **Наклонным шрифтом** показана допустимая нагрузка деформации

Стропила(см)	100	125	150	175	200	225	250	275	300
65x75мм или	534	434	362	310	271	241	217	197	181
40x100мм	607	400	283	210	162	128	104	87	73

Несущая балка(см)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
70x220мм	2103	1683	1402	1202	1052	935	841	765	701
	3038	2078	1499	1127	877	700	572	475	401

Приложения. Расчет перекрытий

Балка(см)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
60x170мм	1193	954	795	681	596	530	477	434	389
	1331	889	632	471	364	290	236	196	165

Балка перекрытия(см)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
100x150мм	1406	1125	937	803	703	625	562	511	469
	1321	872	617	458	353	280	228	189	159

Таблица №2 Удельный вес кв. м. покрытия при толщине слоя 1см

Деревянный паркет	от 7 до 9 кг/м2
Фанера	5 кг/м2
Прессованная солома	3 кг/м2
Штукатурка	9 кг/м2
ОСП (OSB)	6 кг/м2
Межэтажное перекрытие	30 кг/м2

Таблица №3 Допустимая эксплуатационная нагрузка на этаж

Для жилых помещений	150 кг/м2
Для подсобных помещений	250 кг/м2

Приложения. Расчет перекрытий

Таблица №4 Удельный вес кв. м. покрытия крыши

Шифер	28 кг/м2
Черепица	45 кг/м2
Желобчатая черепица	55 кг/м2
Прессованная черепица (малая)	55 кг/м2
Прессованная черепица (большая)	75 кг/м2
Металлочерепица	5 кг/м2

Приложение №5 Поправка на снег (плюс к основным значениям)

- Для $\frac{3}{4}$ Франции: 35 кг/м2
- Для ската крыши более 25° минус 2% на каждый градус более 25° (в случае свободного спадания снега с крыши)
- Пример1: Наклон крыши 40°
 $0.02 \cdot (40 - 25) = 0.3$; $35 \cdot 0.3 = 10.5$; $35 - 10.5 = 24.5$ кг/м2 – поправка на снег
- Пример2: Наклон крыши 30°
 $0.02 \cdot (30 - 25) = 0.1$; $35 \cdot 0.1 = 3.5$; $35 - 3.5 = 31.5$ кг/м2 – поправка на снег
- Для повышенной снежности необходимы дополнительные вычисления (см. Règles Neige et Vent NV 65 | Snow and wind construction code NV 65)

Приложение №6 Расчет балок перекрытия

- **Пример**
Величина пролета – 3.5м
Расстояние между балками – 0.5м
Пол деревянный 22мм – 20 кг/м2
Эксплуатационная нагрузка – 150кг/м2
Вес перекрытия – 30 кг/м2
- Нагрузка на м2
 $20 + 150 + 30 = 200$ кг/м2
- Нагрузка по длине балки
 $200 \cdot 0.5 = 100$ кг/м

Приложения. Расчет перекрытий

- Нагрузка на балку
 $100 * 3.5 = 350 \text{ кг}$
- По таблице 1 допустимая нагрузка 3.5 м балки перекрытия – 458 кг
Т.е. балка обеспечивает необходимую нагрузку

Приложение №7 Расчет крыши

- **Пример**
Несущие балки 70мм х 220 мм
Стропила 40мм х 100 мм
Длина несущих балок – 4 м
Расстояние между балками – 1.75 м (длина стропил)
Расстояние между балками в горизонтальной проекции ~1.5 м
Расстояние между стропилами 0.6 м
Угол наклона крыши - 30°
Черепица – 45 кг/м²
Поправка на снег – 35 кг/м²
Вес балок - 4.33 кг/м²
Вес стропил - ~5 кг/м²
- Вычисление балок
Постоянная нагрузка на крышу
 $4.33 + 5 + 45 = 54.33 \text{ кг/м}^2$
- Поправка на снег
 $0.02 * (30-25) = 0.1; \quad 35 * 0.1 = 3.5; \quad 35 - 3.5 = 31.5 \text{ кг/м}^2$
- Итого на балку
 $(54.33 + 31.5) * 1.5 * 4 = 514,98 \text{ кг}$
- По таблице 1 допустимая нагрузка на балку 70х220 длиной 4м - 877 кг
Т.е. применение такой балки допустимо
- Вычисление стропил
Постоянная нагрузка
 $5 + 45 = 50 \text{ кг/м}^2$
- Нагрузка снега – 31.5 кг/м²
- Полная нагрузка
 $(50+31.5) * 1.75 * 0.6 = 85,575 \text{ кг}$
- По таблице №1 нагрузка на стропила 40х100 длиной 1.75 м – 210 кг
Т.е. применение таких стропил допустимо

Приложения. Литература (fr)

- «Synthese des experimentations en architecture rurale du GREB»
Patrick Déry (GREB)
- «Bâtir En Paille - Guide Pratique De La Construction En Bottes De Paille»
André De Bouter
- «Manuel de l'autoconstruction. La maison en ballots de paille»,
Jocelyn Rochefort Simard
- «Construire en paille aujourd'hui», Astrid Gruber, Herbert Gruber
- «L'architecture de paille», Arnaud CAUWEL
- «Guide d' introduction à la construction en ballots de paille», Fabien BAKER
- «Bâtiments en ballots de paille en France», John DAGLISH
- «La maison en ballots de paille : une réponse à la conservation de
l'environnement», Pascal Morel
- «L'habitat écologique : Quels matériaux choisir ?», Friedrich Kur
- «Ver un habitat écologique», Clode de Guise
- «Les cles de la maison ecologique», Oikos
- «L'isolation écologique», Jean-Pierre Oliva
- «Choisir Et Réaliser Les Charpentes», Henri Renaud
- «Initiation à la charpente», Jean-Jacques Ledoux
- «Enduits et badigeons de chaux», Iris ViaGardini
- «Techniques et pratique de la chaux», Collectif
- «Précis d'utilisation de la Chaux naturelle hydraulique en EcoConstruction»,
Olivier Labesse
- «De La Maison Autonome À L'économie Solidaire», Patrick Baronnet
- «Construire en respectant l'environnement», Collectif
- «Construire ou renover sa maison», Denoël

Приложения. Ссылки Internet

- APPROCHE-Paille
Association militante de Promotion et de Formation à la Construction en Paille
<http://www.approchepaille.fr/>
- Les Compailleurs : Reseau Francais de la Construction en Paille
<http://compailleurs.naturalforum.net/>
- <http://laplumedefeu.com/>
- <http://la-maison-en-paille.com/>
- <http://www.ideesmaison.com/>
- <http://www.endehors.org/>
- <http://batirsain.free.fr/>
- <http://bioeco.org/>
- <http://www.terrevivante.org/>
- <http://www.habitatvegetal.com/>
- <http://www.archibio.qc.ca/>
- <http://reseau-ecobatir.asso.fr/>
- <http://ecocentre.org/>
- <http://bio-construction.com/>
- <http://www.econologie.com/>