

## БИКОМПОНЕНТНЫЙ ЭПОКСИДНЫЙ КЛЕЙ

### НАДЕЖНЫЙ

Срок его службы подтверждается 30 годами эксплуатации при строительстве деревянных конструкций.

### ОБЛАДАЕТ ПРЕВОСХОДНЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Бикомпонентный эпоксидный клей с высокими эксплуатационными характеристиками. Прочность стыков зависит исключительно от древесины благодаря невероятной прочности самого клея.

### УНИВЕРСАЛЬНА

В картриджах для быстрого и практичного использования, в объеме по 3 или 5 литров для соединений большего объема.



## ХАРАКТЕРИСТИКИ

|                       |                                                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ | строительная склейка                                                                 |
| ВИДЫ                  | соединения посредством шпилек, пластин, перфорированных пескоструйкой или сверлением |
| АССОРТИМЕНТ           | 5 видов для различных монтажных работ                                                |
| ПРИМЕНЕНИЕ            | посредством распыления, кисти, перколяции или шпателем в зависимости от вязкости     |

### ВИДЕО

Отсканируй QR-код и посмотри ролик на нашем канале в YouTube



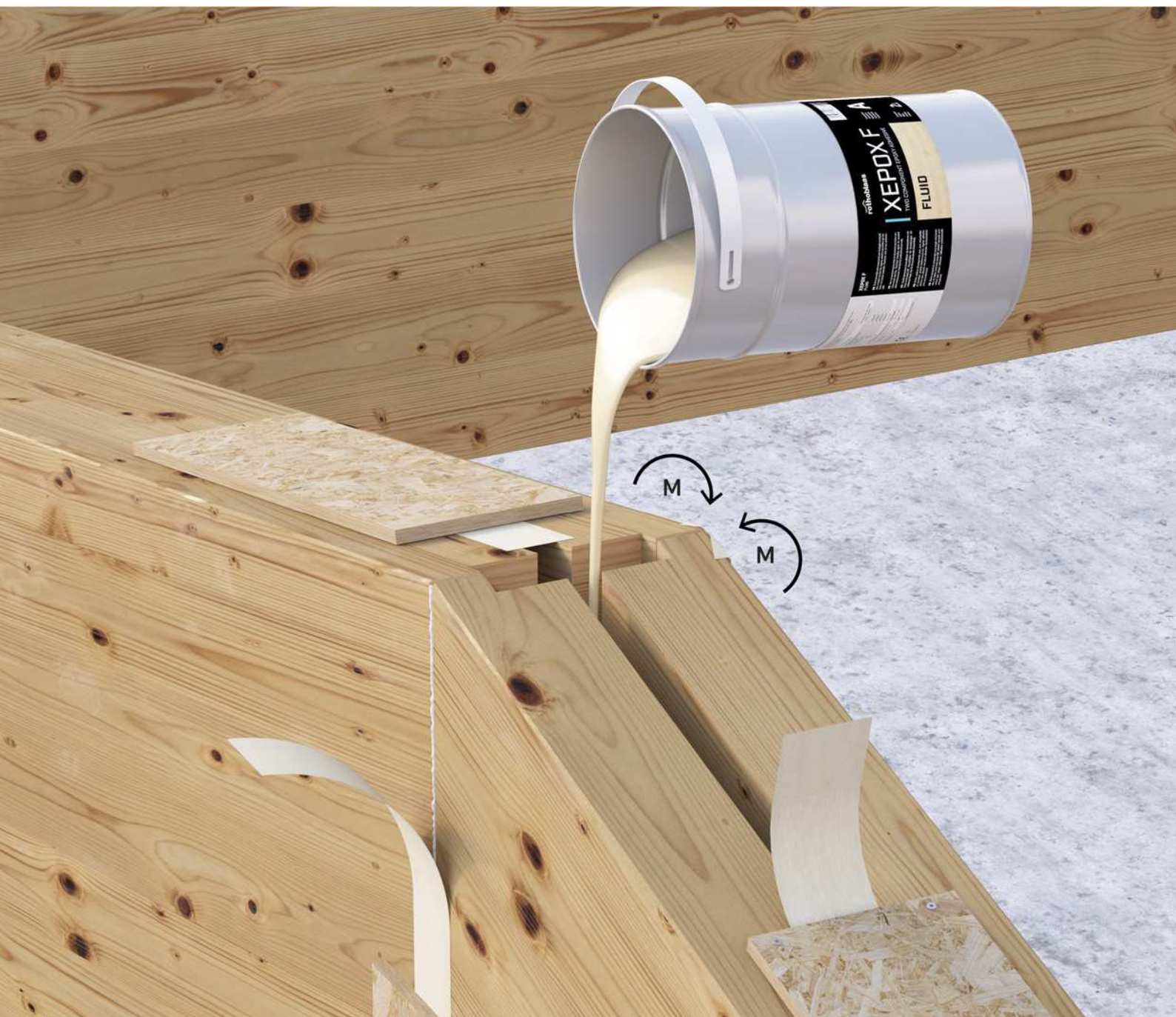
## МАТЕРИАЛ

Бикомпонентный эпоксидный клей.

## СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Сдвиговые соединения, осевое действие и реализуемый момент

- древесный массив или клееная древесина
- CLT
- бетон



## КОНСТРУКТИВНЫЙ

Идеально подходит для жестких разнонаправленных стыков.

## СТАТИЧЕСКОЕ УКРЕПЛЕНИЕ

Подходит для реконструкции строений из дерева в сочетании с металлическими шпильками и прочими материалами.

## КОДЫ И РАЗМЕРЫ

### БАНКИ

| КОД        | описание    | содержимое<br>[мл] | шт. |
|------------|-------------|--------------------|-----|
| ХЕРОХР3000 | P - праймер | A + B = 3000       | 1   |
| ХЕРОХЛ3000 | L - жидкий  | A + B = 3000       | 1   |
| ХЕРОХЛ5000 |             | A + B = 5000       | 1   |
| ХЕРОХF3000 | F - текучий | A + B = 3000       | 1   |
| ХЕРОХF5000 |             | A + B = 5000       | 1   |
| ХЕРОХG3000 | G - гель    | A + B = 3000       | 1   |

### КАРТРИДЖИ

| КОД       | описание    | содержимое<br>[мл] | шт. |
|-----------|-------------|--------------------|-----|
| ХЕРОХF400 | F - текучий | 400                | 1   |
| ХЕРОХD400 | D - густой  | 400                | 1   |

## ДПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ - ФУРНИТУРА

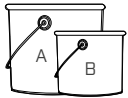
| КОД     | описание                     | шт. |
|---------|------------------------------|-----|
| MAMDB   | пистолет для двух картриджей | 1   |
| STINGXP | смесительный наконечник      | 1   |

## ПРИМЕНЕНИЕ

### ХЕРОХ Р - праймер

Бикомпонентный эпоксидный клей с очень низкой вязкостью и высокой увлажняющей способностью для усиления конструкций при помощи лент/полотна из углеродистого волокна или стекловолокна. Полезен также для защиты пластин, обработанных пескоструйкой, SA2,5/SA3 (ISO 8501) и для изготовления вставок FRP (Fiber Reinforced Polymers). Может наноситься валиком, распылением или кистью.

Может храниться до 36 месяцев в оригинальной закрытой упаковке при температуре от+5°C до +30°C.

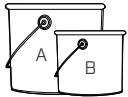


Классификация компонента A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Классификация компонента B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### ХЕРОХ L - жидкий

Бикомпонентный эпоксидный клей для строительных работ, очень текучий, применяется для заливки в глубокие вертикальные отверстия и для стыков больших площадей с потайными вставками в очень большие пазы, либо в мелкие зазоры (1 мм или больше), с обязательной тщательной заделкой швов.

Заливается и впрыскивается. Может храниться до 36 месяцев в оригинальной закрытой упаковке при температуре от+5°C до +30°C.

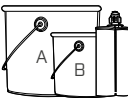


Классификация компонента A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Классификация компонента B: Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### ХЕРОХ F - текучий

Текучий бикомпонентный эпоксидный клей для строительных работ, применяется впрыском в отверстия и пазы с предварительной заделкой швов. Предпочтителен для крепления к дереву изогнутых соединительных элементов (система Turrini-Piazza) комбинированных потолков из дерева и бетона, с новыми или уже существующими балками, расстояние между металлом и деревом около 2 мм или более. Перколяция в вертикальные отверстия в пазах после вставки металлических вставок в виде пластин или брусев. Заливается и вводится при помощи картриджа. Может храниться до 36 месяцев в оригинальной закрытой упаковке при температуре от+5°C до 30°C.

Классификация компонента A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Классификация компонента B: STOT RE 2; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.



### ХЕРОХ D - густой

Тиксотропный бикомпонентный эпоксидный клей (густой) для строительных работ, особенно подходит для введения в горизонтальные или вертикальные отверстия в балках из клееной древесины, массива дерева, кирпичной кладке или в армированном бетоне.

Вводится при помощи картриджа.

Может храниться до 36 месяцев в оригинальной закрытой упаковке при температуре от+5°C до +30°C.

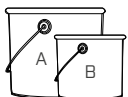


Классификация компонента A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Классификация компонента B: Repr. 1A; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### ХЕРОХ G - гель

Бикомпонентный эпоксидный клей в виде геля для строительных работ, наносится шпателем в том числе и на вертикальные поверхности, а также при необходимости использования слоя большой толщины или неравномерного. Подходит для склейки деревянных элементов внахлест с большой площадью соприкосновения и для армирования с использованием полотна на основе стекловолокна или углеродистого волокна, а также для обшивки (накладок) деревом или металлом. Наносится шпателем. Может храниться до 36 месяцев в оригинальной закрытой упаковке при температуре от+5°C до +30°C.

Классификация компонента A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Классификация компонента B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

| Свойства                                                                                | Стандарт                       | ХЕРОХ Р                 | ХЕРОХ L                | ХЕРОХ F                | ХЕРОХ D                  | ХЕРОХ G                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Удельный вес                                                                            | ASTM D 792-66                  | ≈ 1,10                  | ≈ 1,40                 | ≈ 1,45                 | ≈ 2,00                   | ≈ 1,90                  |
| Стехиометрическое соотношение между объемами (А/В) <sup>(1)</sup>                       | -                              | 100 : 50 <sup>(2)</sup> | 100 : 50               | 100 : 50               | 100 : 50                 | 100 : 50                |
| Срок хранения 23 ± 2° 150 см <sup>3</sup>                                               | ERL 13-70 [мин]                | -                       | 50 ÷ 60                | 50 ÷ 60                | 50 ÷ 60                  | 60 ÷ 70                 |
| Срок годности смеси                                                                     | ERL 13-70 [мин]                | 25 ÷ 30                 | 25 ÷ 30                | 25 ÷ 30                | 25 ÷ 30                  | -                       |
| Рабочая температура (относительная влажность макс. 90%)                                 | - [°C]                         | 10 ÷ 35                 | 10 ÷ 35                | 10 ÷ 35                | 5 ÷ 40                   | 5 ÷ 40                  |
| Рекомендуемая толщина                                                                   | - [мм]                         | 0,1 ÷ 2                 | 1 ÷ 2                  | 2 ÷ 4                  | 2 ÷ 6                    | 1 ÷ 10                  |
| Нормальная адгезионная способность σ                                                    | EN 12188 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 21                      | 27                     | 25                     | 19                       | 23                      |
| Предел прочности на сдвиг под углом σ <sub>0</sub> 50°                                  | EN 12188 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 94                      | 70                     | 93                     | 55                       | 102                     |
| Предел прочности на сдвиг под углом σ <sub>0</sub> 60°                                  | EN 12188 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 106                     | 88                     | 101                    | 80                       | 109                     |
| Предел прочности на сдвиг под углом σ <sub>0</sub> 70°                                  | EN 12188 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 121                     | 103                    | 115                    | 95                       | 116                     |
| Предел прочности на сдвиг-адгезия τ                                                     | EN 12188 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 39                      | 27                     | 36                     | 27                       | 37                      |
| Разрушающая нагрузка на единицу площади при сжатии <sup>(3)</sup>                       | EN 13412 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 83                      | 88                     | 85                     | 84                       | 94                      |
| Среднее значение модуля упругости при сжатии                                            | EN 13412 [Н/мм <sup>2</sup> ]  | 3438                    | 3098                   | 3937                   | 3824                     | 5764                    |
| Коэффициент термического расширения (в диапазоне -20°C/+40°C)                           | EN 177 [м/м·°C]                | 7,0 x 10 <sup>-5</sup>  | 7,0 x 10 <sup>-5</sup> | 6,0 x 10 <sup>-5</sup> | 6,0 x 10 <sup>-5</sup>   | 7,0 x 10 <sup>-5</sup>  |
| Разрушающая нагрузка на единицу площади при сжатии <sup>(4)</sup>                       | ASTM D638 [Н/мм <sup>2</sup> ] | 40                      | 36                     | 30                     | 28                       | 30                      |
| Средний модуль упругости при растяжении <sup>(4)</sup>                                  | ASTM D638 [Н/мм <sup>2</sup> ] | 3300                    | 4600                   | 4600                   | 6600                     | 7900                    |
| Разрушающая нагрузка на единицу площади при изгибе <sup>(4)</sup>                       | ASTM D790 [Н/мм <sup>2</sup> ] | 86                      | 64                     | 38                     | 46                       | 46                      |
| Средний модуль упругости при изгибе <sup>(4)</sup>                                      | ASTM D790 [Н/мм <sup>2</sup> ] | 2400                    | 3700                   | 2600                   | 5400                     | 5400                    |
| Разрушающая нагрузка на единицу площади при сдвиге (гибочный инструмент) <sup>(4)</sup> | ASTM D732 [Н/мм <sup>2</sup> ] | 28                      | 28                     | 28                     | 19                       | 25                      |
| Вязкость                                                                                | - [мПа·с]                      | A = 1100<br>B = 250     | A = 2300<br>B = 800    | A = 14000<br>B = 11500 | A = 300000<br>B = 300000 | A = 450000<br>B = 13000 |

### ПРИМЕЧАНИЯ:

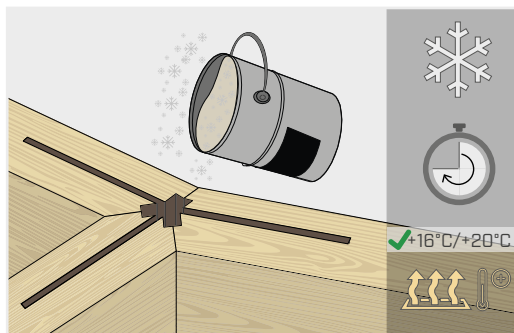
<sup>(1)</sup> Все компоненты упакованы в точном количестве, готовые к использованию. Соотношение является объемным (не весовым).

<sup>(2)</sup> Целесообразно использовать не более одного литра готовой смеси за раз. Соотношение компонентов А:В по весу составляет приблизительно 100:44,4.

<sup>(3)</sup> Среднее значение по окончании циклов заливки/слива.

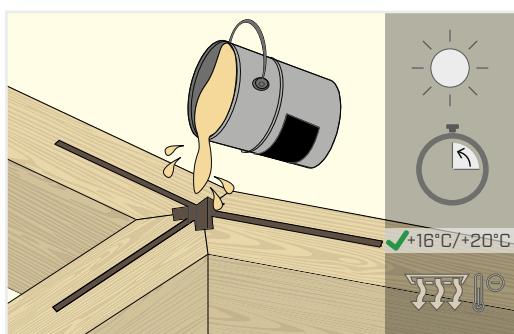
<sup>(4)</sup> Результаты испытаний в ходе исследования «Инновационные соединения для строительных деревянных конструкций» - Миланский технический университет.

## ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ



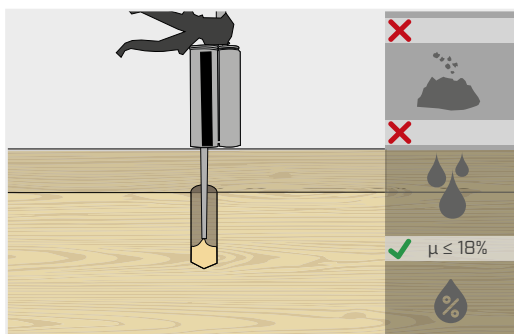
### ХРАНЕНИЕ КЛЕЯ

Эпоксидный клей должен храниться при умеренной температуре (около +16°C/+20°C) как зимой, так и летом вплоть до самого момента его использования. Не хранить упаковки при низкой температуре, поскольку это способствует увеличению вязкости клея и осложняет перколяцию из банок и выдавливание из картриджей. Не допускать воздействия на упаковки прямых солнечных лучей, время полимеризации вещества может снизиться.



### ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕЯ

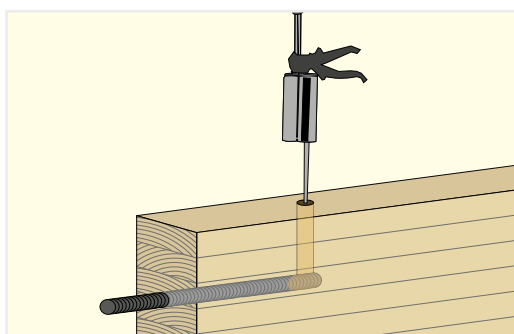
Рекомендуемая температура окружающей среды в момент нанесения составляет  $> +10^{\circ}\text{C}$ . Если температура окружающей среды слишком низка, необходимо прогреть упаковки в течение часа до начала работы с клеем, либо разогреть пазы и металлические вставки, прежде чем нанести клей. Если температура, напротив, слишком высока, необходимо наносить клей в более ранние часы, избегая самого жаркого времени суток.



### ОБРАБОТКА ПАЗОВ И ОТВЕРСТИЙ

Перед нанесением клея отверстия и пазы в древесине должны быть защищены от осадков и очищены при помощи сжатого воздуха. Если склеиваемые части мокрые или слишком влажные, их нужно высушить. Использование клеев ХЕРОХ показано для должным образом высушенной древесины, с уровнем влажности не более 18%.

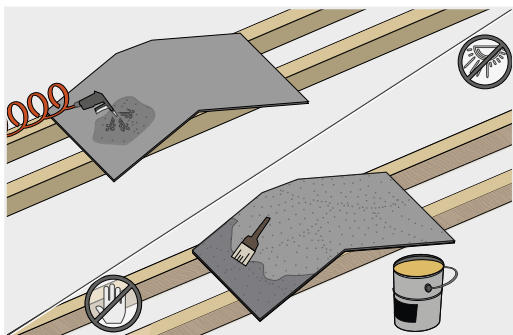
## СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СКЛЕИВАНИЯ БРУСЬЕВ



### СМОЛЕНИЕ

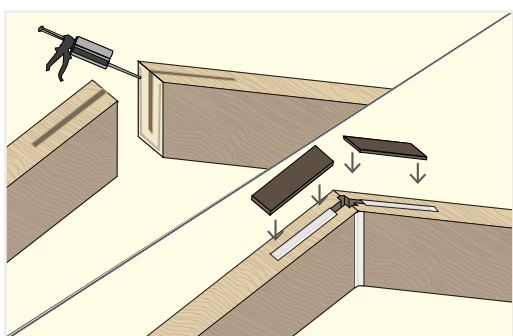
Соединения шпильками могут выполняться при помощи экструзии клея из двухосных картриджей в, в виду небольшого количества смолы. Для изменения наносимого количества клея отрежьте носик наконечника. Для склейки длинных брусков рекомендуется проделать отверстия для заполнения клеем в направлении перпендикулярном брусу.

## ЖЕСТКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАСТИН



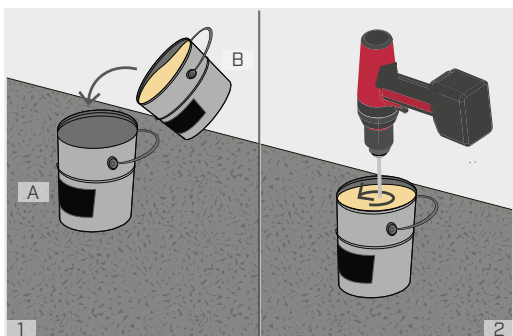
### ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ

Металлические армирующие вставки должны быть очищены и обезжирены. Гладкие пластины могут быть просверлены либо обработаны пескоструйкой степени SA2,5/SA3 и покрыты слоем ХЕРОХ Р для защиты от коррозии. В особенности в жаркое время года нужно защищать металлические поверхности от воздействия прямых солнечных лучей.



### ПОДГОТОВКА ДЕРЕВЯННОЙ ОСНОВЫ

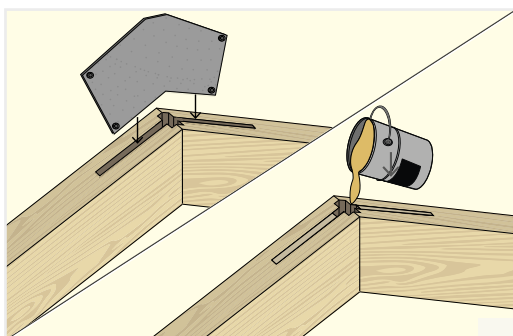
Вдоль вертикальных кромок нанести сплошные полосы клейкой ленты на бумажной основе с отступом в 2÷3 мм от кромки. Затем нанести жгут ацетатного силикона и прижать его, чтобы он прилип и к области без ленты. Верхние пазы элементов под наклоном следует запечатать деревянными рейками или досками, оставив открытыми только верхние части пазов, куда будет заливаться клей.



### ПОДГОТОВКА КЛЕЯ

Для использования клея в банках следует влить затвердитель (компонент В) в банку, содержащую эпоксидную смолу (компонент А). Энергично перемешать два компонента разных цветов. Рекомендуется использование миксера с двойной крыльчаткой, установленной на электрический вал (в качестве альтернативы может использоваться металлический венчик), до получения смеси однородного цвета. Перелить полученную смесь.

Для распределения в щелях, имеющих значительную длину, перелить прямо из бочонка, в котором производилось смешивание, если продукт текучий, либо нанести его при помощи шпателя.



### СМОЛЕНИЕ

Рекомендуется предусмотреть «полезную» клеевую подушку, реализованную посредством паза в конструктивных деревянных элементах как дополнительную гарантию функциональности контактной системы. Минимальное расстояние между металлическими вставками и деревом 2÷3 мм на сторону. Чтобы гарантировать правильное положение внутри пазов, рекомендуется приложить распорные шайбы в фазе полимеризации слоя ХЕРОХ Р.

## ■ ЭПОКСИДНЫЙ КЛЕЙ ХЕРОХ

ЛИНЕЙКА ПРОДУКТОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ УЖЕ НЕ ПЕРВЫЙ ГОД, ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СПОСОБНА ГАРАНТИРОВАТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ.

Эпоксидный клей ХЕРОХ - это бикомпонентная смола, разработанная специально для проникновения в структуру древесины и надежного сцепления с ней, а также для уменьшения кристаллизации, свойственной смолам.

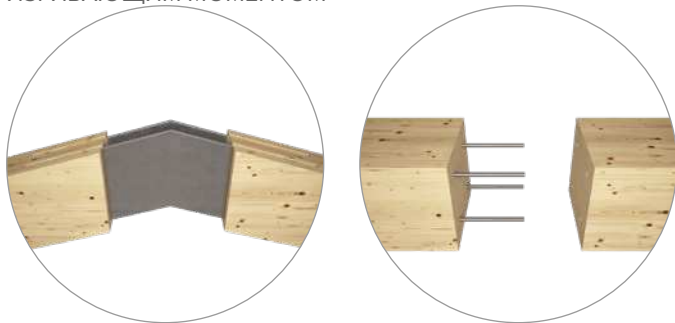
Смесь компонентов А и В вызывает экзотермическую реакцию (выделение тепла), а затвердев образует трехмерную структуру с исключительными свойствами, как то: длительный срок службы, влагостойкость, прекрасная температурная стабильность, значительная прочность и жесткость.

Каждый химический или минеральный элемент состава играет особую роль, и все вместе они способствуют формированию необходимых эксплуатационных характеристик клея.

## ■ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Различная вязкость продукции ХЕРОХ гарантирует их универсальность для различных типов соединений, как для новых конструкций, так и для восстановления старых. Использование в сочетании со стальными элементами, в частности пластинами, перфорированными пескоструйкой или сверлением, и брусом позволяет обеспечить прочность при небольшой толщине.

### 1. СПЛОШНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, НАГРУЖЕННОЕ ИЗГИБАЮЩИМ МОМЕНТОМ



### 2. ДВУХ- ИЛИ ТРЕХНАПРАВЛЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



### 3. СОЕДИНЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ДЕРЕВА



### 4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОТРЕСКАВШИХСЯ ЭЛЕМЕНТОВ



## ■ ЭСТЕТИЧЕСКА ДОРАБОТКА

Формат картриджа позволяет использовать его для эстетических доработок и склейки, не требующей большого количества клея.





## СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СКЛЕИВАНИЯ БРУСЬЕВ

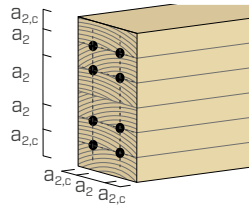
Далее приведены указания, содержащиеся в DIN 1052:2008 и итальянских нормах CNR DT 207:2018.

### МИНИМАЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ БРУСЬЕВ

#### РАСТЯЖЕНИЕ

Брусья, приклеенные // волокнам

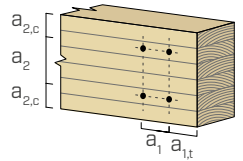
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_2$     | $5d$   |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |



#### РАСТЯЖЕНИЕ

Брусья, приклеенные ⊥ волокнам

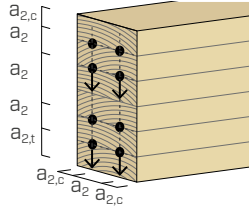
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_1$     | $4d$   |
| $a_2$     | $4d$   |
| $a_{1,t}$ | $2,5d$ |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |



#### СДВИГ

Брусья, приклеенные // волокнам

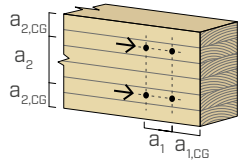
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_2$     | $5d$   |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |
| $a_{2,t}$ | $4d$   |



#### СДВИГ

Брусья, приклеенные ⊥ волокнам

|            |       |
|------------|-------|
| $a_1$      | $7d$  |
| $a_2$      | $5d$  |
| $a_{1,CG}$ | $10d$ |
| $a_{2,CG}$ | $4d$  |



Минимальная длина вставки равна:

$$l_{min} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,5 d^2 \\ 10 d \end{matrix} \right\}$$

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА

### ПРОЧНОСТЬ НА ОТРЫВ

Прочность на разрыв бруса диаметра  $d$  равен:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{matrix} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{разрушение стали} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{разрушение дерева вследствие сдвига} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{разрушение дерева вследствие растяжения} \end{matrix} \right.$$

Полезная область охватывает квадратный участок древесины с самой большой стороной  $6d$ ; данная область уменьшается на меньшие расстояния между элементами или от края.

$f_{yd}$  = расчетная прочность стали

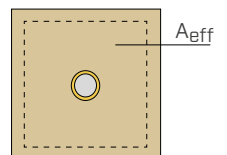
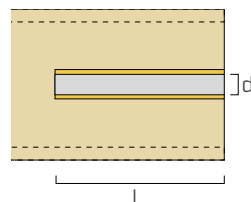
$f_{t,0,d}$  = расчетная прочность на разрыв древесины

Соппротивление сдвигу склейки  $f_{v,k}$  зависит от длины вставки

| $l$ [мм]            | $f_{v,k}$ [МПа]         |
|---------------------|-------------------------|
| $\leq 250$          | 4                       |
| $250 < l \leq 500$  | $5,25 - 0,005 \times l$ |
| $500 < l \leq 1000$ | $3,5 - 0,0015 \times l$ |

на угол  $\alpha$  наклона к волокнам имеет место:

$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1,5 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$



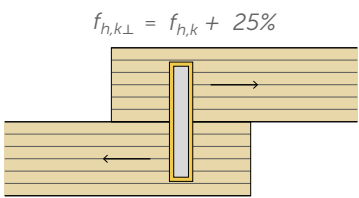
СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ

Сопротивление бруса сдвигу можно рассчитать при помощи известных формул Йохансена для болтов с использованием следующих ухищрений.

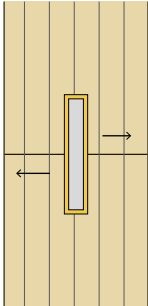
Для бруса, склеенного перпендикулярно волокнам, сопротивление избыточной нагрузке может быть увеличено до 25%.

Сопротивление избыточной нагрузке для балок, склеенных параллельно волокнам, равно 10% величины, перпендикулярной волокнам.

Осевое растяжение рассчитывается как сопротивление склейки выдергиванию (разрушение b). Для получения значения прочности склеенного бруса с учетом определенного угла α склейки, можно линейно интерполировать существующие значения для α при 0° и 90°.



$f_{h,k,\parallel} = 10\% f_{h,k,\perp}$



ИСПЫТАНИЕ

Приводится расчет на отрыв бруса, склеенного при помощи ХЕРОХ, путем сравнения результата с результатом, полученным в время испытаний, проведенных в Университете города Биль, в ходе которых измерялся коэффициент сверхпрочности и сравнивался с расчетным. Это показывает существующий запас прочности: однако, нужно помнить, что значение, полученное в ходе испытаний, не является характеристическим и не подлежит использованию при проектировании.



ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

|                    |      |     |
|--------------------|------|-----|
| Сторона образца    | 80   | мм  |
| A <sub>eff</sub>   | 6400 | мм  |
| d                  | 16   | мм  |
| l                  | 160  | мм  |
| f <sub>yk</sub>    | 900  | МПа |
| f <sub>t,0,k</sub> | 27   | МПа |
| γ <sub>m0</sub>    | 1    |     |
| k <sub>mod</sub>   | 1,1  |     |
| γ <sub>m</sub>     | 1,3  |     |

|                                                                                            |       |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|
| Разрушение стали                                                                           | 162,9 | кН |
| Разрушение дерева вследствие сдвига                                                        | 29,0  | кН |
| Разрушение дерева вследствие растяжения                                                    | 146,2 | кН |
| R <sub>ax,d</sub> = расчетная осевая сила сопротивления                                    | 29,0  | кН |
| R <sub>ax,m</sub> = среднее экспериментальное значение расчетной осевой силы сопротивления | 96,3  | кН |
| f = коэффициент сверхпрочности                                                             | 3,3   |    |

ПРИМЕЧАНИЯ:

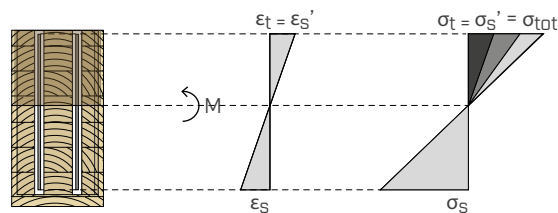
Прочность на разрыв была получена на основании средней плотности образцов, используемых в испытаниях.

Расчеты выполнялись с учетом значений k<sub>mod</sub> и γ<sub>m</sub> согласно EN 1995 1-1, и γ<sub>m0</sub> согласно EN 1993 1-1.

## ЖЕСТКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАСТИН

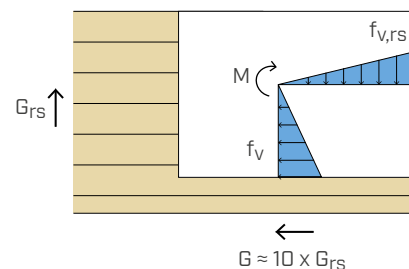
### МЕТОДЫ РАСЧЕТА | ТОРЦОВОЕ СЕЧЕНИЕ

Усилия, оказываемое моментом и осевой силой, определяются путем усреднения материалов сечения, при условии сохранения плоских сечений. Сдвиговая нагрузка поглощается только лишь пластинами. Необходимо также проверить нагрузки, действующие на сечение деревянного элемента без учета пазов.



### МЕТОДЫ РАСЧЕТА | РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ПО ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА СТАЛЬ-КЛЕЙ-ДЕРЕВО

Момент делится на количество контактирующих поверхностей, а затем раскладывается на усилия, с учетом как полярного момента инерции вокруг центра тяжести, так и различных значений жесткости древесины. Таким образом получаются максимальные значения тангенциального напряжения при растяжении в направлении, перпендикулярном и параллельном волокнам, их следует проверить во взаимодействии.



Полярный момент инерции половины вставки относительно центра тяжести, сказывающийся на модуле сдвига дерева:

$$J_p^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Расчет тангенциальных сил и комбинированная проверка:

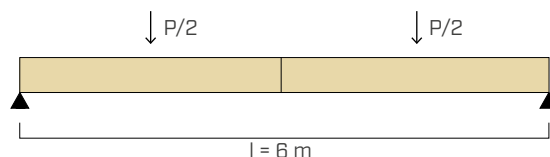
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

## ИСПЫТАНИЕ

Приводится расчет жестких соединений, выполненных при помощи ХЕРОХ, со сравнением результатов с результатами испытаний на изгиб в 4 точках, проведенными в Миланском техническом университете. Определяется коэффициент сверхпрочности исходя из результатов испытания и результатов расчета, что подтверждает хороший запас прочности, имеющийся в расчетах соединений. Значение, полученное в ходе испытаний, не является характеристическим и не подлежит использованию при проектировании.



### ЛЕГЕНДА:

|            |                                                                            |                   |                                                             |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| В          | основание балки                                                            | $\sigma_t$        | максимальное напряжение при сжатии, возникающее в древесине |
| Н          | высота балки                                                               | $\sigma_s'$       | максимальное напряжение при сжатии, возникающее в стали     |
| $\alpha_1$ | угол наклона балок                                                         | $\sigma_s''$      | максимальное напряжение при растяжении, возникающее в стали |
| $n_i$      | количество вставок                                                         | $\sigma_{tm}$     | максимальный изгибающий момент, действующий на древесину    |
| $S_i$      | толщина металлических вставок                                              | $\tau_{max,hor}$  | максимальная тангенциальная нагрузка по горизонтали         |
| $h_i$      | высота металлических вставок                                               | $\tau_{max,vert}$ | максимальная тангенциальная нагрузка по вертикали           |
| $l_i$      | длина участка под металлические вставки                                    | $f_{v,d}$         | сопротивление сдвигу параллельно волокнам                   |
| $A_i$      | площадь половины вставки                                                   | $f_{v,rs,d}$      | сопротивление сдвигу перпендикулярно волокнам               |
| и          | эксцентриситет относительно центра тяжести пластины и торцевого соединения | $k_{c,90}$        | параметр в соответствии с ЕС 1995 1-1                       |
| $B_n$      | ширина балки без учета пазов                                               |                   |                                                             |

ПРИМЕР 1 | НЕПРИБЫВНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

ГЕОМЕТРИЯ СОЕДИНЕНИЯ: БАЛКИ И ПЛАСТИНЫ

|       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|
| $n_i$ | 2 мм   | $B$   | 200 мм |
| $S_i$ | 5 мм   | $H$   | 360 мм |
| $h_i$ | 320 мм | $B_n$ | 182 мм |
| $l_i$ | 400 мм |       |        |
| $i$   | 200 мм |       |        |

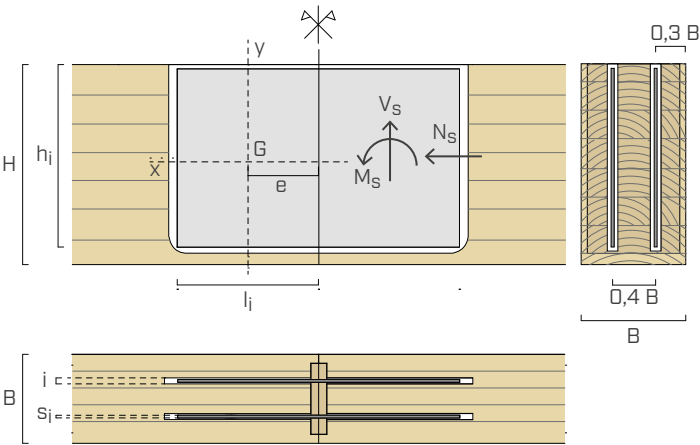
МАТЕРИАЛЫ И РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Класс стали       | S275  |
| $\gamma_{MO}$     | 1     |
| Класс древесины   | GL24h |
| $k_{mod}$         | 1,1   |
| $\gamma_M$ timber | 1,3   |

Металлические вставки с пескоструйной обработкой степени SA2,5/SA3 (ISO8501).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЕРОХ

Защита вставок от окисления с помощью ХЕРОХ Р. Использование клея ХЕРОХ F или ХЕРОХ L.



ПРОВЕРКИ

|       |                              |          |
|-------|------------------------------|----------|
| $M_d$ | примененный расчетный момент | 54,3 кНм |
|-------|------------------------------|----------|

ПРОВЕРКА ТОРЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ<sup>(1), (2)</sup>

|             |           |            |
|-------------|-----------|------------|
|             |           | % проверки |
| $\sigma_t$  | 10,6 МПа  | 53 %       |
| $\sigma_s'$ | 185,8 МПа | 68 %       |
| $\sigma_s'$ | 274,9 МПа | 100 %      |

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ ДЕРЕВЯННОГО ЭЛЕМЕНТА БЕЗ УЧЕТА ПАЗОВ

|               |          |            |
|---------------|----------|------------|
|               |          | % проверки |
| $\sigma_{tm}$ | 14,1 МПа | 70 %       |

ПРОВЕРКА МАКСИМАЛЬНОГО ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РАЗРЫВ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА КОНТАКТНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА<sup>(3), (4)</sup>

|                          |                                       |            |
|--------------------------|---------------------------------------|------------|
|                          |                                       | % проверки |
| $J_p^*$                  | $8,56 \cdot 10^{11}$ Нмм <sup>2</sup> |            |
| $\tau_{max,hor}^{(3)}$   | 1,7 МПа                               | 57 %       |
| $\tau_{max,vert}^{(3)}$  | 0,2 МПа                               | 20 %       |
| комбинированная проверка |                                       | 60 %       |

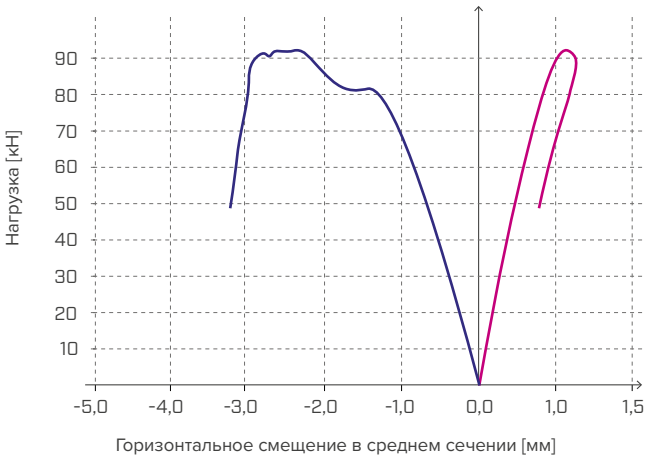
|                |                                                     |          |
|----------------|-----------------------------------------------------|----------|
| $M_d = M_{Rd}$ | приложенный момент = расчетный момент сопротивления | 54,3 кНм |
| $M_{TEST}$     | момент сопротивления согласно испытанию             | 94,1 кНм |
| $f$            | коэффициент сверхпрочности                          | 1,7      |

ГРАФИК ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ - СМЕЩЕНИЕ

Горизонтально смещение натянутых и сжатых в осевом направлении волокон.

График показывает наибольшее смещение натянутых волокон, подтверждая расчетные данные, в соответствии с которыми дерево реагирует на сжатие вместе с механическими вставками, перемещая нейтральную ось по направлению вверх.

— ВЕРХНИЙ КРАЙ  
— НИЖНИЙ КРАЙ



ПРИМЕР 2: УГЛОВОЙ РАСКОС

ГЕОМЕТРИЯ СОЕДИНЕНИЯ: БАЛКИ И ПЛАСТИНЫ

|       |        |            |        |
|-------|--------|------------|--------|
| $n_i$ | 2 мм   | $B$        | 200 мм |
| $S_i$ | 6 мм   | $H$        | 360 мм |
| $h_i$ | 300 мм | $B_n$      | 176 мм |
| $l_i$ | 568 мм | $\alpha_1$ | 21,8 ° |
| $i$   | 332 мм |            |        |

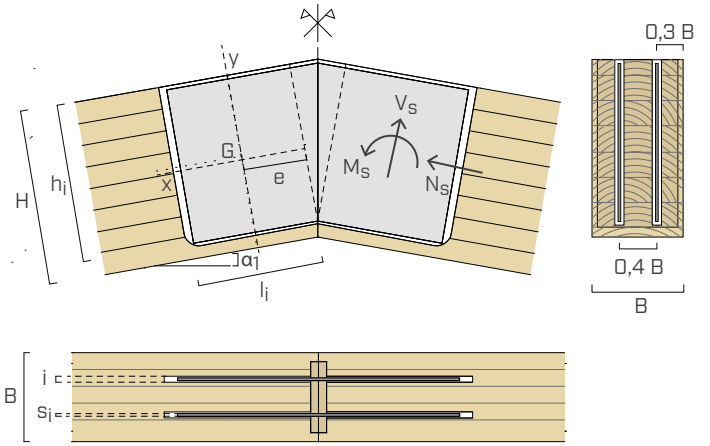
МАТЕРИАЛЫ И РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Класс стали         | S275  |
| $\gamma_{mo}$       | 1     |
| Класс древесины     | GL32c |
| $k_{mod}$           | 1,1   |
| $\gamma_{M timber}$ | 1,3   |

Металлические вставки с пескоструйной обработкой степени SA2,5/SA3 (ISO8501).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЕРОХ

Защита вставок от окисления с помощью ХЕРОХ Р. Использование клея ХЕРОХ F или ХЕРОХ L.



ПРОВЕРКИ

|       |                              |          |
|-------|------------------------------|----------|
| $M_d$ | примененный расчетный момент | 63,5 кНм |
|-------|------------------------------|----------|

ПРОВЕРКА ТОРЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ<sup>(1), (2)</sup>

|                  |           |            |
|------------------|-----------|------------|
|                  |           | % проверки |
| $k_{c,90}^{(A)}$ | 1,75      |            |
| $\sigma_c$       | 12,7 МПа  | 100 %      |
| $\sigma_{s'}$    | 180,7 МПа | 66 %       |
| $\sigma_s'$      | 262,0 МПа | 95 %       |

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ ДЕРЕВЯННОГО ЭЛЕМЕНТА БЕЗ УЧЕТА ПАЗОВ

|            |          |            |
|------------|----------|------------|
|            |          | % проверки |
| $\sigma_t$ | 16,7 МПа | 62 %       |

ПРОВЕРКА МАКСИМАЛЬНОГО ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РАЗРЫВ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА КОНТАКТНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА<sup>(3), (4)</sup>

|                                  |                                    |            |
|----------------------------------|------------------------------------|------------|
|                                  |                                    | % проверки |
| $J_p^*$                          | $1,52 \cdot 10^{12} \text{ Нмм}^2$ |            |
| $\tau_{\max, \text{hor}}^{(3)}$  | 1,1 МПа                            | 38 %       |
| $\tau_{\max, \text{vert}}^{(3)}$ | 0,2 МПа                            | 21 %       |
| комбинированная проверка         |                                    | 43 %       |

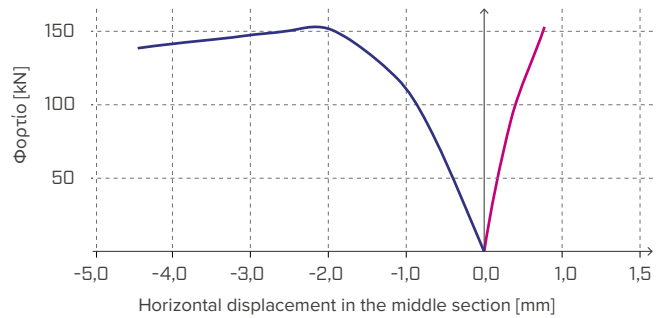
|                   |                                                     |           |
|-------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| $M_d = M_{Rd}$    | приложенный момент = расчетный момент сопротивления | 63,5 кНм  |
| $M_{\text{TEST}}$ | момент сопротивления согласно испытанию             | 131,8 кНм |
| $f$               | коэффициент сверхпрочности                          | 2,1       |

ГРАФИК ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ - СМЕЩЕНИЕ

Горизонтально смещение натянутых и сжатых в осевом направлении волокон.

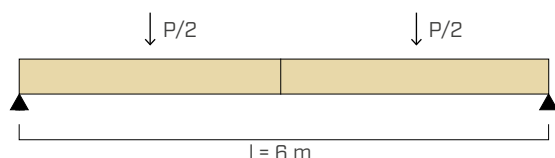
График показывает наибольшее смещение натянутых волокон, подтверждая расчетные данные, в соответствии с которыми дерево реагирует на сжатие вместе с механическими вставками, перемещая нейтральную ось по направлению вверх.

— ВЕРХНИЙ КРАЙ  
— НИЖНИЙ КРАЙ



## ЖЕСТКОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ

Жесткие соединения, выполненные с использованием клеев ХЕРОХ, гарантируют исключительную жесткость состыкованных элементов. В подтверждение этого сравниваются величины прогиба, полученные путем аналитических расчетов для балки, не участвующей в соединении, значения длины, сечения и нагрузки которой совпадают с экспериментальными данными, использованными в примере расчета 1.



Для получения контрольного значения прогиба на основании имеющихся экспериментальных данных необходимо определить рабочую нагрузку. Для этого можно учесть момент сопротивления 54,5 кНм, рассчитанного для балки из примера расчета 1, который идеально соответствует максимальной нагрузке, допустимой для предельного состояния по прочности. Отталкиваясь от этого показателя и распределив реалистичным образом нагрузки на балку, можно определить максимальный нагружающий момент, воспользовавшись коэффициентом увеличения нагрузок согласно соответствующему стандарту.

Таким образом, рассчитав размеры покрытия из дерева, не предназначенного для хождения, определяются следующие нагрузки.

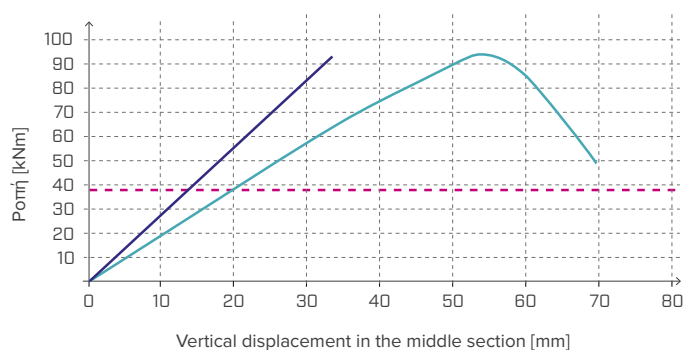
$$p = 1,5 \text{ кН/м}^2 ; q = 1,5 \text{ кН/м}^2$$

Таким образом, общая нагрузка, в худшем случае, равна приблизительно 70% нагрузки, допустимой для предельного состояния по прочности.

Следовательно, максимальный рабочий момент равен  $54,3 \times 0,7 = 38 \text{ кНм}$ , что вызывает мгновенный прогиб балки, не участвующей в соединении, приблизительно на 13 мм, в то время как измеренный прогиб в ходе испытаний составляет 19 мм. Значит увеличение вертикального смещения составляет:  $l/1050$ .

### ГРАФИК МОМЕНТА - СМЕЩЕНИЕ

- БАЛКА СО СТЫКОМ ХЕРОХ
- НЕПРЕРЫВНАЯ БАЛКА
- - - МАКСИМАЛЬНЫЙ РАБОЧИЙ МОМЕНТ



### ПРИМЕЧАНИЯ:

(A)  $k_{c,90}$  - это коэффициент, который модулирует сопротивление сжатию древесины по отношению к углу, образованному направлениями силы и волокон в формул Хэнкинсона (ЕС 1995-1-1, пункт 6.1.5). Тем не менее, формула не учитывает стабилизацию волокон древесины, производимой смолой, которая заполняет пустоты в ней; разработчик может увеличить этот коэффициент.

(1) Расчет сечения был произведен с учетом линейно-упругих связей для всех материалов. Нужно помнить, что в случае осевых и сдвиговых нагрузок нужно проверить сочетание этих усилий.

(2) В этом расчете учитывается, что клеевая подушка обеспечивает полное соединение в зоне соприкосновения поверхностей, и, следовательно, в древесине может возникать сопротивление сжатию. В случае отсутствия клеевой подушки рекомендуется проверить металлическую вставку в качестве реагента, применив геометрические параметры вставки в формуле:

$$f_{yd} \leq \frac{M_d}{B \cdot h^2} \cdot \frac{6}{6}$$

(3) Следует уточнить, отличительной особенностью клеев ХЕРОХ является характеристическая прочность на отрыв, которая выше сопротивлений, возникающих в древесине, и остается неизменной с течением времени. По этой причине проверка прочности при кручении по границе раздела выполняется только для древесины, при этом проверка клея считается удовлетворительной.

(4) Напряжение на отрыв "т" на границе раздела дерево-клей-сталь, передаваемое древесине, рассчитывается по максимуму в случае наклона, параллельного или перпендикулярного волокнам древесины. Такие напряжения сравниваются для сопротивления сдвигу древесины и сопротивления трению качения, соответственно. Выполненный здесь расчет должен учитывать также величину момента инерции  $M_{T,Ed}$ , возникающего вследствие сдвиговой нагрузки, если таковая имеет место.

Уточняем, что расчеты выполнялись с учетом значений  $k_{mod}$  и  $\gamma_M$  согласно EN 1995 1-1, и  $\gamma_{M0}$  согласно EN 1993 1-1.