

УДК 624.016

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЕРЕВЯННЫХ СЖАТО-ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ НА «УВ-ОБОЙМЕ»

И.А. Ладных

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

e-mail: irenlad@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы усиления деревянных сжато-изгибаемых элементов с использованием однонаправленных углеродволоконных лент на эпоксидной матрице. Описан алгоритм расчета «УВ-обойм» при усилении деревянных сжато-изгибаемых элементов. Представлен численный пример расчета усиливаемых элементов и проверка поперечного сечения деревянного элемента с учетом «УВ-обойм». Результаты расчета подтверждаются экспериментальными данными на основе численного моделирования.

Ключевые слова: *деревянные конструкции, композитные материалы, усиление деревянных конструкций, композитные обоймы.*

METHOD OF CALCULATING THE WOODEN COMPRESSED-BENDING ELEMENTS, REINFORCED BY THE YV-CLIP CONNECTIONS

I. Ladnykh

Belarussian national technical university, Republic of Belarus

e-mail: irenlad@yandex.ru

The article deals with the issues of strengthening wooden compressed-bending elements using unidirectional carbon fiber tapes on an epoxy matrix. An algorithm for calculating the "UV-cage" when reinforcing compressed-bendable wooden elements is described. A numerical example of calculating reinforced elements and checking the cross-section of a wooden element taking into account the "UV-clamps" is presented. The calculation results are confirmed by experimental data based on numerical simulation.

Keywords: *wooden structures, composite materials, strengthening of wooden structures, composite clips.*

Введение. В настоящее время композитные материалы нашли широкое применение при усилении строительных конструкций. Большое количество исследований проведено для внешних систем усиления железобетонных конструкций, предложены и апробированы методики их расчета. Исследований в области усиления деревянных конструкций выполнено мало и предлагаются в основном методы усиления, связанные с наращиванием поперечного сечения, продольным армированием и усилением клееными стержнями. А.И. Згировский предложил применять соединения в виде обойм из однонаправленных углеродволоконных лент на эпоксидной матрице при усилении деревянных конструкций [1] (рисунок 1). В действующих нормах [11] отсутствуют рекомендации и методика расчета данного типа усиления.

Основная часть. Предлагаемая методика расчета усиления деревянных сжато-изгибаемых элементов основана на исследованиях соединения на «УВ-обойме» [3], экспериментальных исследованиях натуральных конструкций [4] и положениях теории составных стержней [5].

Предпосылки расчета и уравнения напряженно-деформированного состояния деревянных сжато-изгибаемых элементов, усиленных «УВ-обоймой».

Предлагаемая методика расчета усиленных деревянных сжато-изгибаемых элементов с использованием «УВ-обоймы» на следующих предпосылках:

– соединение на «УВ-обойме» является податливым, а усиливаемые элементы являются составными;

– расчетное сопротивление срезу определяется на основании испытания двухсрезных образцов.

В нормативном документе [11] изложена методика расчета составных элементов на податливых связях. В соответствии с ним для составных стержней выполняют следующие проверки:

– по прочности по нормальным напряжениям;

– по жесткости;

– по определению требуемого количества связей для восприятия касательных (сдвиговых) напряжений.

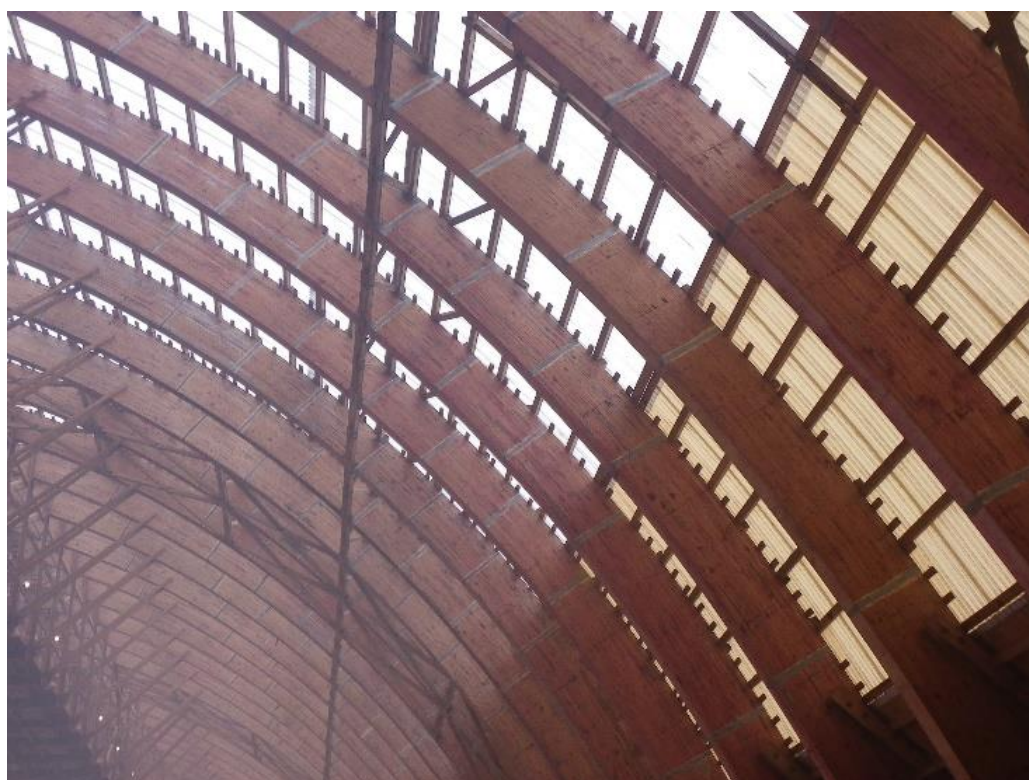


Рисунок 1. – Усиление деревянных конструкций с использованием углеродволоконных обойм

Алгоритм расчета усиления деревянных конструкций с соединениями на обойме:

1. Определение исходных данных: расчетной схемы и расчетного пролета усиливаемой конструкции, размеров поперечного сечения, фактическую несущую способность и требуемую несущую способность, фактические физико-механические характеристики древесины (прочность, модуль упругости и т.п.).

2. Определение локализации трещины (участка с трещиной); продольной силы и разность изгибающих моментов в начале и в конце трещины.

Подбор требуемой ширины «УВ-обоймы» из условия среза обоймы (1) как для соединения согласно [11].

Требуемое количество связей для восприятия касательных (сдвиговых) напряжений в соответствии с ТКП 45-5.05-146-2009 [11] на участке с однозначной эпюрой поперечных сил определяют из условия:

$$n_c \geq \frac{1,5 \cdot M_d \cdot S_{\text{sup}}}{k_{m,c} \cdot R_{i,d} \cdot J_{\text{sup}}} \quad (1)$$

где M_d - изгибающий момент от действия поперечной нагрузки;

S_{sup} - статический момент брутто поперечного сечения относительно нейтральной оси;

$k_{m,c}$ - коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента;

$R_{i,d}$ - расчетная несущая способность одной связи в одном шве;

J_{sup} - момент инерции брутто поперечного сечения элемента.

Оптимальную толщину «УВ-обоймы» определяем по формулам, определенным Н.В. Линьковым [6] (2) и (3). При сомнениях в прочностных характеристиках материала и невозможности укладки материала в несколько слоев провести дополнительные испытания на двухсрезах образцах.

$$t_{KM} = 0.025 \cdot h_1 \cdot (h_{\text{min}} / h_1) \quad (2)$$

$$t_{KM} = 0.052 \cdot (b / 2) \cdot (h_{\text{min}} / h_1) \quad (3)$$

где h_1 - ширина, обклеиваемой поверхности одной стороны деревянной ветви;

h_{min} - наименьшая высота поперечного сечения одной ветви;

b - ширина деревянного элемента.

3. Проводим проверку по прочности и жесткости деревянного составного элемента с учетом коэффициентов податливости [11].

Согласно ТКП 45-5.05-146-2009 [11] расчет сжато-изгибаемых и внецентренно сжатых элементов составного поперечного сечения на прочность по нормальным напряжениям производят по формуле (4):

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}} + \frac{M_d}{k_{m,c} \cdot k_w \cdot W_{\text{inf}}} \leq f_{c,0,d} \quad (4)$$

где N_d - расчетная осевая сила;

A_{inf} - площадь расчетного сечения нетто;

M_d - изгибающий момент от действия поперечной нагрузки;

$k_{m,c}$ - коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента;

k_w - коэффициент, учитывающий податливость соединительных связей;

W_{inf} - расчетный момент сопротивления нетто приведенного поперечного сечения элемента;

$f_{c,0,d}$ - расчетное сопротивление древесины сжатию.

При определении геометрических характеристик составного поперечного сечения в расчетах необходимо использовать именно приведенное поперечное сечение ввиду того, что модули упругости усиливаемого элемента и элемента усиления различны.

При выполнении расчетов усиленных конструкций по жесткости проверяют выполнение условия (5):

$$u \leq [u] \quad (5)$$

где u - наибольшее значение прогиба конструкции;
 $[u]$ - предельно допустимое значение прогиба конструкции.

Значение наибольшего прогиба конструкции определяются по правилам строительной механики в зависимости от нагрузки, поперечного сечения, материала и расчетной схемы конструкции с учетом требований п.8.3 [11].

Для составных сечений момент инерции следует умножать на коэффициент k_i , который учитывает сдвиг податливых соединений.

Коэффициенты податливости k_w и k_i для различных длин элементов и различного числа слоев установлены на основании экспериментальных и численных исследований [5] и представлены в таблице 1-6.

Таблица 1. – Коэффициент k_w для элементов длиной 3 м

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.88 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.96 |
| 3 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.86 |
| 10 | 0.70 | 0.74 | 0.76 | 0.78 | 0.80 |

Таблица 2. – Коэффициент k_w для элементов длиной 4 м

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.90 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.96 |
| 3 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.92 |
| 10 | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.84 |

Таблица 3. – Коэффициент k_w для элементов длиной 6 м и более

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 |
| 3 | 0.88 | 0.92 | 0.94 | 0.95 | 0.96 |
| 10 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.86 | 0.88 |

Таблица 4. – Коэффициент k_i для элементов длиной 3 м

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.78 | 0.82 | 0.84 | 0.88 | 0.9 |
| 3 | 0.52 | 0.55 | 0.56 | 0.59 | 0.6 |
| 10 | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.38 | 0.39 |

Таблица 5. – Коэффициент k_i для элементов длиной 4 м

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.80 | 0.84 | 0.86 | 0.89 | 0.93 |
| 3 | 0.55 | 0.58 | 0.60 | 0.62 | 0.64 |
| 10 | 0.40 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.48 |

Таблица 6. – Коэффициент k_i для элементов длиной 6 м и более

| Число слоев в элементе | $k_{арм}$ | | | | |
|---------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 |
| 2 | 0.81 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 0.93 |
| 3 | 0.56 | 0.58 | 0.60 | 0.62 | 0.64 |
| 10 | 0.41 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.48 |

Рекомендация для усиления деревянных сжато-изгибаемых элементов с применением соединения «УВ-обойма»:

1. Эпоксидную матрицу и однонаправленные углеродные ленты необходимо выбирать в соответствии с рекомендациями производителя по их совместимости.
2. Для установления фактических характеристик «УВ-обоймы», выполненной из конкретного материала (эпоксидной матрицы и однонаправленной углеродволоконной ленты) рекомендуется изготовить двухсрезные образцы и провести испытания на сдвиг до разрушения.
3. Устройство «УВ-обойм», время и температура твердения композиционного материала принимать в соответствии с рекомендациями производителя.
4. Для усиливаемых элементов или для новых деревянных составных элементов определить требуемую несущую способность.
5. Определить фактические характеристики предполагаемой «УВ-обоймы». Если полученная расчетная несущая способность сдвигу «УВ-обоймы» не менее $9,05 \text{ Н/м}^2$, тогда можно использовать данные из таблиц 1-6 для установления коэффициентов податливости сечения. В противном случае необходимо подобрать другой композитный материал, который соответствовал бы требованиям.
6. «УВ-обоймы» необходимо расставлять только равномерно по длине элемента или усиливаемого участка. В противном случае данные рекомендации не распространяются на «УВ-обоймы».

Примеры расчета усиления деревянных конструкций с соединением на обойме

Рассмотрим пример усиления при проведении реконструкции здания деревянного сжато-изгибаемой клееной конструкции поперечным сечением $b \times h = 120 \times 600 \text{ мм}$, пролетом $L = 6000 \text{ мм}$ с односторонней сквозной трещиной длиной $L = 1000 \text{ мм}$, расположенной на расстоянии 300 мм от нижней грани. Балка нагружена равномерно-распределенной нагрузкой q по всему пролету и продольной силой N (рисунок 2).

Несущая способность с учетом односторонней сквозной трещины составляет $q = 5,7 \text{ кН/м}$, при действии продольной силы $N = 8,271 \text{ кН}$. Согласно требованиям заказчика нагрузка на конструкцию будет составлять $q = 6,0 \text{ кН/м}$, при действии продольной силы $N = 8,271 \text{ кН}$.

Определены фактические физико-механические характеристики использованной древесины путем лабораторных испытаний предварительно отобранных из массива образцов. Влажность древесины несущих балок чердачного перекрытия составляет $W = 12 \%$. Определен предел прочности древесины при сжатии вдоль с пересчетом на влажность древесины $W = 12 \%$. По результатам дальнейшей обработки опытных данных получено значение расчетного сопротивления древесины сжатию вдоль волокон $f_{с.0,d} = 14,4 \text{ МПа}$. Модуль упругости при сжатии вдоль волокон определенный с пересчетом на влажность $W = 12 \%$ составил $E = 10000 \text{ МПа}$.

Так как снижение несущей способности согласно [7] будет только в зоне трещины, соответственно установка обойм будет только в зоне трещин. Максимальный изгибающий момент на участке с трещиной будет в крайней точки трещины и определяется по формуле (6):

$$M = \frac{q}{2} \cdot (l \cdot x - x^2) = 15 \text{ кНм} \quad (6)$$

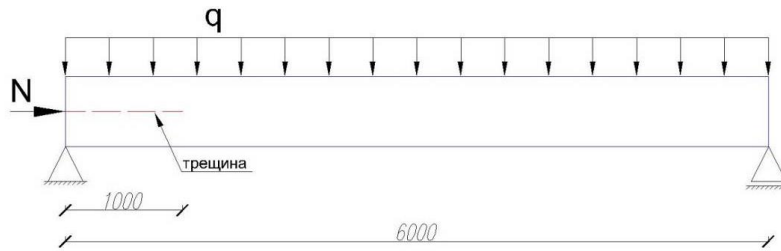


Рисунок 2. – Общий вид деревянного элемента с трещиной и схемой приложения нагрузки

Определим оптимальную толщину углеродволоконной обоймы по формулам (7) и (8):

$$t_{KM} = 0.025 \cdot h_1 \cdot (h_{\min} / h_1) \quad (7)$$

$$t_{KM} = 0.052 \cdot (b / 2) \cdot (h_{\min} / h_1) \quad (8)$$

где h_1 - ширина, обклеиваемой поверхности одной стороны деревянной ветви;
 h_{\min} - наименьшая высота поперечного сечения одной ветви;
 b - ширина деревянного элемента.

На основании формул (7) и (8) определим, что оптимальная толщина композитного материала составляет от 3,12 до 7,5 мм.

Определим требуемую длину обоймы из условия сдвига по формуле (9)

$$n_c \cdot R_{i,d} = T_{сдв} \geq \frac{1,5 \cdot M_d \cdot S_{sup}}{k_{m,c} \cdot J_{sup}} = \frac{1,5 \cdot 15 \cdot 5400000}{0,96 \cdot 216000000} = 58,69 \text{ кН} \quad (9)$$

где M_d - изгибающий момент от действия поперечной нагрузки;

S_{sup} - статический момент брутто поперечного сечения относительно нейтральной оси;

$k_{m,c}$ - коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента;

$R_{i,d}$ - расчетная несущая способность одной связи в одном шве;

J_{sup} - момент инерции брутто поперечного сечения элемента.

Определим длину обоймы на участок с трещиной по формуле (10):

$$L_{YB} = T_{сдв} / (n_{cut} \cdot R_{YB} \cdot t_{KM}) = 58,69 / (2 \cdot 9,05 \cdot 7) = 0,46 \text{ м} \quad (10)$$

Так как ширина готовой ленты составляет 150 мм, тогда примем общую длину обоймы 600 мм и толщину уменьшим до 6 мм. Определим итоговую несущую способность обоймы на основе углеродволоконной ленты (11):

$$T_{сдв} = L_{YB} \cdot n_{cut} \cdot R_{YB} \cdot t_{KM}) = 0,6 \cdot 2 \cdot 9,05 \cdot 6 = 65,16 \text{ кН} \quad (11)$$

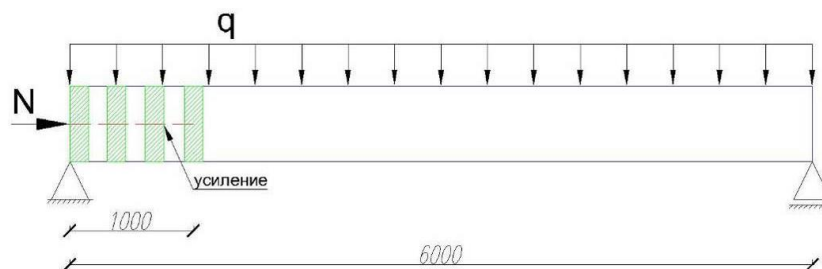


Рисунок 3. – Общий вид деревянного элемента с усилением «УВ-обоймой»

Условие по сдвиговой прочности выполнено. $K_{арм}$ будет составлять 0,6.

Определим прогиб и прочность с учетом коэффициентов податливости по формулам (12) и (13) для всего деревянного сжато-изогнутого элемента. Коэффициенты податливости примем на основании таблиц 1-6. Результаты вычислений представлены в таблице 2.

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} + \frac{M_d}{k_{m,c} \cdot k_w \cdot W_{inf}} \leq f_{c,0,d} \quad (12)$$

$$u \leq [u] \quad (13)$$

Для подтверждения результатов расчета была построена численная модель согласно [12, 13, 14]. Результаты моделирования представлены на рисунках 4-6.

Таблица 7. – Результаты расчетов деревянной конструкции с односторонней трещиной и «УВ-обоймой»

| | Расчет по ТКП [11] | Численное моделирование | Расхождение, % |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|
| σ, МПа в середине пролета | 4,25 | 4,01 | 5,6 |
| u, мм в середине пролета | 7,27 | 6,60 | 9,2 |

Заключение. Методика расчета деревянных сжато-изгибаемых элементов, усиленных углеродволокном основана на стандартизированном методе, изложенном в ТКП. Предложены коэффициенты учета податливости. На примере конструкции продемонстрирована методика и численно подтверждены результаты теоретических расчетов, при этом расхождение результатов составляет от 5,6% до 9,2%.

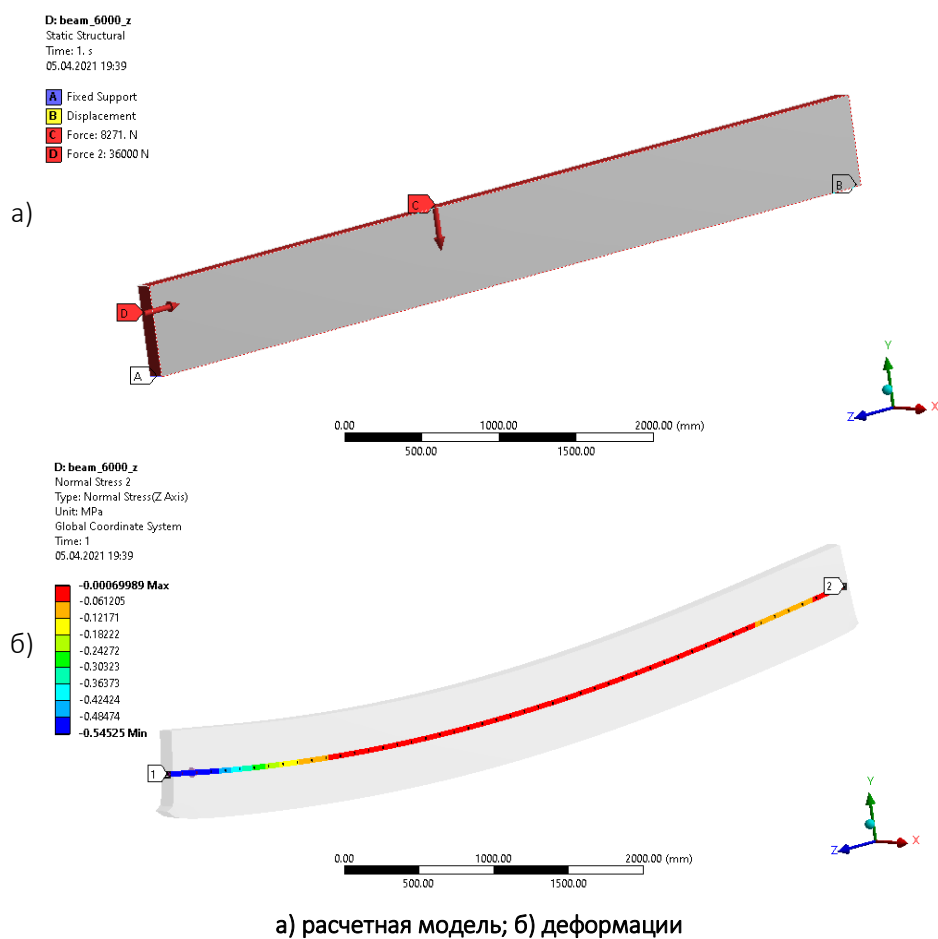
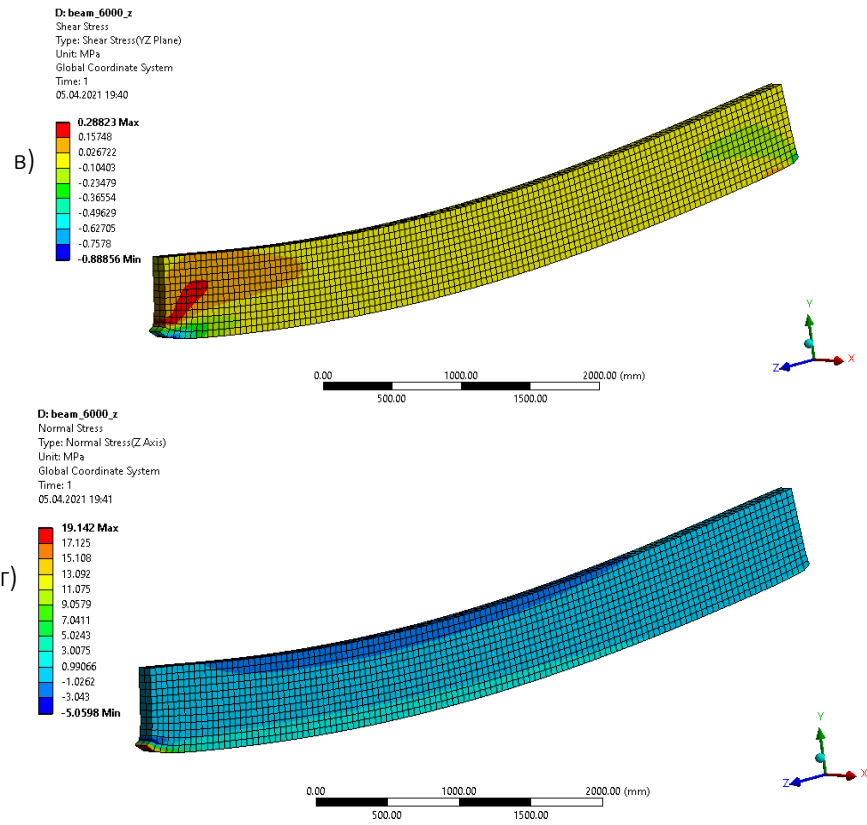
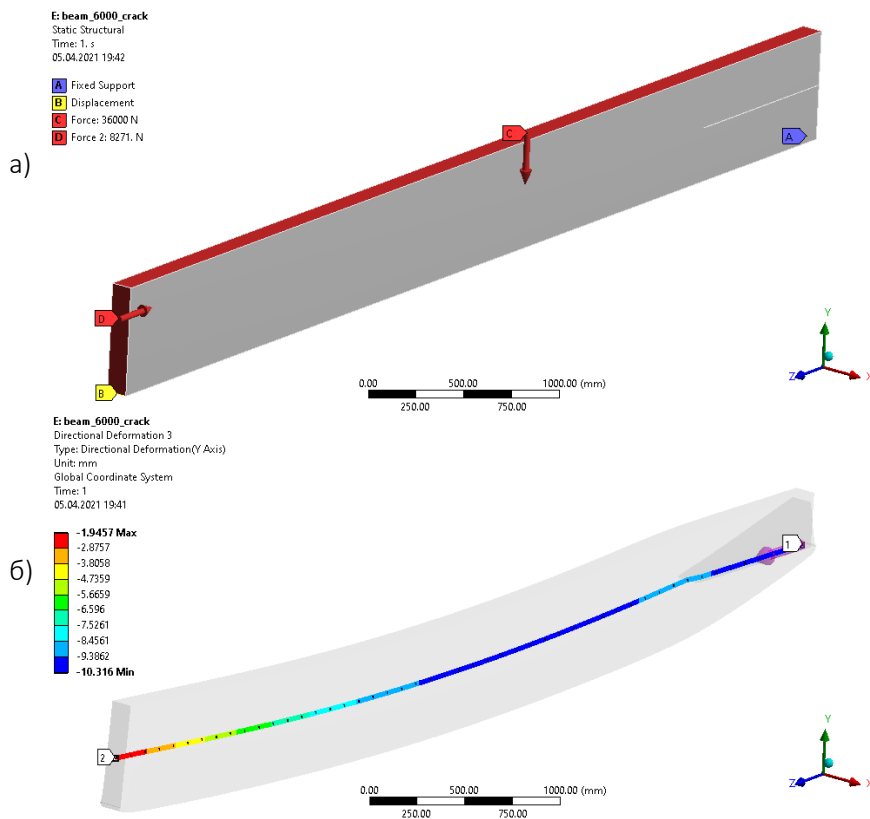


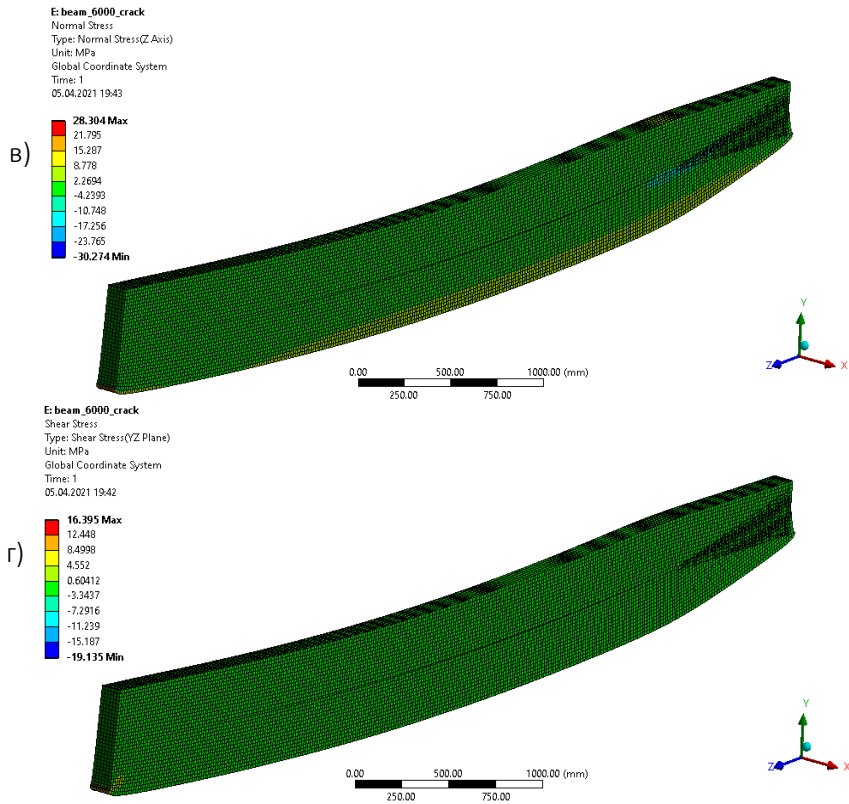
Рисунок 4. – Общий вид модели балки цельного сечения (начало)



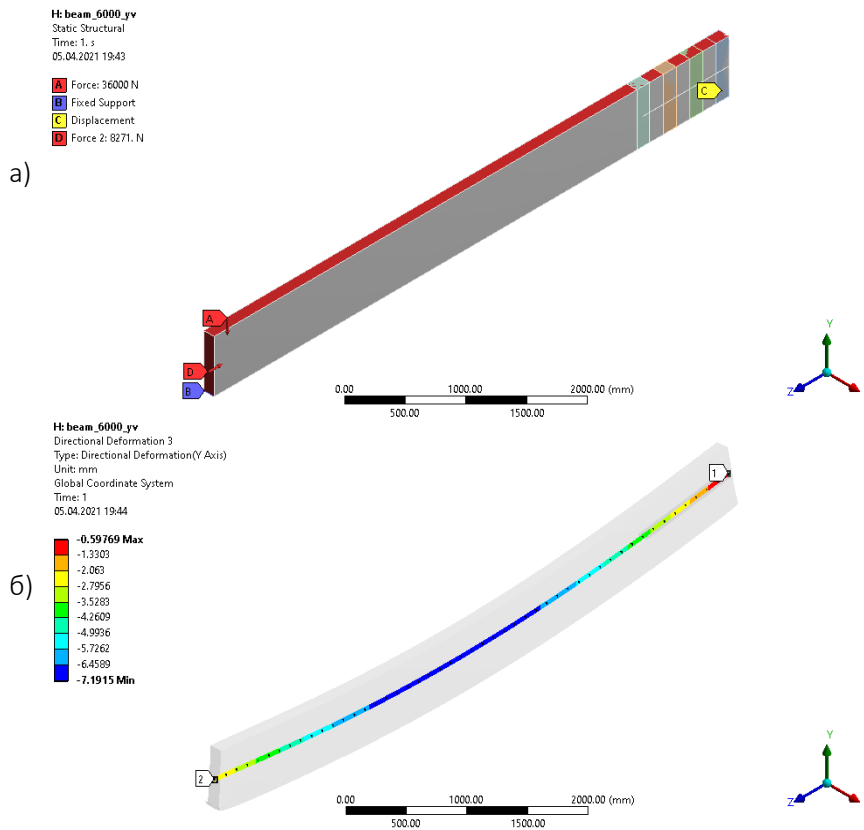
в) изополя нормальных напряжений; г) изополя касательных напряжений
 Рисунок 4. – Общий вид модели балки цельного сечения (окончание)



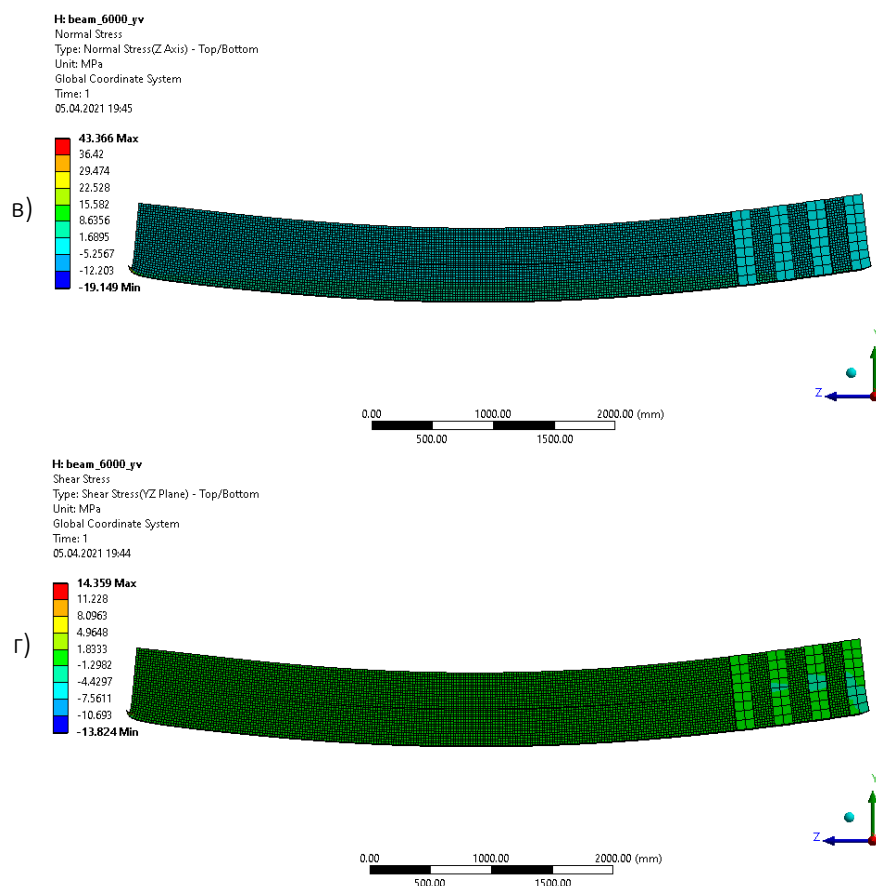
а) расчетная модель; б) деформации
 Рисунок 5. – Общий вид модели балки с односторонней трещиной (начало)



в) изополя нормальных напряжений; г) изополя касательных напряжений
 Рисунок 5. – Общий вид модели балки с односторонней трещиной (окончание)



а) расчетная модель; б) деформации
 Рисунок 6. – Общий вид модели балки с трещиной с усилением «УВ-обоймой» (начало)



в) изополя нормальных напряжений; г) изополя касательных напряжений

Рисунок 6. – Общий вид модели балки с трещиной с усилением «УВ-обоймой» (окончание)

ЛИТЕРАТУРА

1. Згировский, А.И. Усиление клееных арок стрельчатого очертания / А.И. Згировский // Техническое нормирование и стандартизация в строительстве. – 2011. №5(48). – С.28-32.
2. Квасников Е.Н. О прочности и надежности деревянных балок и ферм //Повышение надежности и долговечности строительных конструкций: Межвуз.тем.сб. трудов / ЛИСИ. - Л., 1972. -№2. - С. 47-67.
3. Ладных, И.А. К вопросу расчета композитных усиливающих элементов / И.А. Ладных// Вестник гражданских инженеров. – 2018. - №2(67). – С.60-65.
4. Ладных, И.А. Экспериментальные исследования работы деревянных сжато-изогнутых элементов составного сечения на связях в виде «УВ-обойм» / И.А. Ладных// Жилищное строительство. – 2018. – № 7. – С. 43–46.
5. Ладных, И.А. Исследование работы деревянных элементов, усиленных углеродволоконной обоймой / И.А. Ладных // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР)»: сб. тр. II Междунар. науч.-технич. конф., Брест, 29-30 марта 2018 г. – Брест, 2018. – С.76-81.
6. Линьков, Н.В. Несущая способность и деформативность соединений деревянных конструкций композиционным материалом на основе эпоксидной матрицы и стеклоткани/ Н.В. Линьков; дис... канд. техн. наук. — М.: МГСУ, 2010. – 186 с.
7. Найчук А.Я. К вопросу о несущей способности деревянных клееных балок со сквозными трещинами // Промышленное и гражданское строительство. - 2004. - №6. - С. 38-40.
8. Найчук А.Я., Чернолоз В.С., Петрукович А.Н. О прочности деревянных клееных балок с повреждениями в виде сквозных трещин // Ресурсоекономі матеріали, констркції, будівлі, та споруди. 36. наук. Праць / Національний університет водного господарства та природокористування. Рівне, 2005. - Вип. №12 - С. 218 - 227.

9. Плешков, П.Ф. Теория расчета деревянных составных стержней / П.Ф. Плешков. — М.: Гос. изд. лит. по стр-ву и арх., 1952. — 195 с.
10. Ржаницын, А.Р. Теория составных стержней строительных конструкций / А.Р. Ржаницын. — М.: Стройиздат, 1948. — 192 с.
11. ТКП 45-5.05-146-2009. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования. — Мн: Минстройархитектуры, 2010. — 72 с.
12. Geshanov, I. Composite reinforce concrete-timber floor system externally strengthened with CFRP composites / I. Geshanov, D. Kachlakev // 13th International Conference SFR. — Edinburg, Scotland, 2010. — P.151-153.
13. Jasieńko J., Rapp P., Nowak T.: Numeryczne modelowanie rozkładów odkształceń i naprężeń w belkach z drewna litego wzmocnionych przy użyciu CFRP. VII Konferencja Naukowa: Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych. SzczecinMiędzyzdroje, 12-13 maja 2006. — С. 145-152.
14. Nowak T.: Wzmacnianie drewnianych konstrukcji zabytkowych przy użyciu taśm węglowych. Wiadomości Konserwatorskie, Warszawa, 14/2003, s. 21-27.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

Редакционная коллегия:

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, А. М. Хаткевич

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр.
2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк :
Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379
ISBN 978-985-531-779-2

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич.*

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С.Е. Рясовой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.11.2021.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>