

УДК 624.011

МАСИВНА КЛЕЕДОЩАТА БАЛКА З КОНСТРУКТИВНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ

аспірант **Стоянов В.О.**
ЦНДІБК ім В.А. Кучеренко
магістр **Підгорний А.С.**
аспірант **Жгаллі Ш.Ж.**
д.т.н. проф., **Стоянов В.В.**

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Анотація. Часте руйнування клеєних балок від сколювання обумовлено утворенням в приопорних зонах мікротріщин і розшарувань. У статті розглядаються варіанти посилення даних зон.

Балка довжиною 3000 мм і перетином 100 × 400 мм. В одній вертикальній пласті наклеюються 6 кіл склопластику і 6 квадратів вуглепластика розміром по 150 мм в три шари. В опорних частинах балки влаштовується зліва і справа поздовжні і поперечні прорізи з пристроєм в них на клею металевих сіток з пошаровим армуванням товщиною в 1-2 мм.

В окремих частинах балки влаштовані штучні тріщини, що імітують розшарування.

В ході експерименту були поставлені такі основні завдання:

1. Дослідити напружено-деформований стан експериментальної натурної конструкції;
2. Дослідити поведінку конструкції на дію статичного навантаження;

Навантаження здійснювалася за допомогою повітряного компресора і передавалася безпосередньо на пневматичний домкрат вантажопідйомністю 3 т. Зусилля передавалася в третинах прольотів зосередженими силами, що передаються через сталевий траверс.

В ході випробування були застосовані кілька методів реєстрації даних. На балці були розташовані 40 тензодатчиків, 3 зони фотометрії, індикатори годинникового типу і прогиномір Максимова.

В ході випробування балка показала пружну роботу, з максимальним прогином 6,65 мм.

Використовуючи дані фотометрії, були побудовані ізополі деформацій в приопорних зонах, у міру наближення до опори було помічено видозміна і зростання дотичних напружень, що говорить про необхідність посилення цієї зони.

За результатами тензометрії були побудовані епюри нормальних напружень при дії на балку 1000, 2000, 3000 кг.

В результаті порівняння можна відзначити, що склопластик і вуглепластик були включені в роботу, також було помічено що форма елемента посилення надає певний вплив на конструкцію.

Розглянувши результати, визначено, що кругла форма елемента посилення більш ефективно і раціональна, також необхідно проводити посилення по всій висоті перетину в уникненні пікової напруги і різких стрибків дотичних напружень.

МАССИВНАЯ КЛЕЕДОЩАТАЯ БАЛКА С КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

аспірант **Стоянов В.О.**
ЦНИИСК ім В.А. Кучеренко
магістр **Подгорный А.С.**
аспірант **Жгаллі Ш.Ж.**
д.т.н. проф., **Стоянов В.В.**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. Частое разрушение клееных балок от скалывания обусловлено образованием в приопорных зонах микротрещин и расслоений. В статье рассматриваются варианты усиления данных зон.

Балка длиной 3000 мм и сечением 100×400 мм. В одной вертикальной пластине наклеиваются 6 кругов стеклопластика и 6 квадратов углепластика размером по 150 мм в три слоя. В опорных частях балки устраиваются слева и справа продольные и поперечные прорезы с устройством в них на клею металлических сеток с послойным армированием толщиной в 1-2 мм.

В отдельных частях балки устроены искусственные трещины, имитирующие расслоение.

В ходе эксперимента были поставлены такие основные задачи:

1. Исследовать напряженно-деформированное состояние экспериментальной натурной конструкции;
2. Исследовать поведение конструкции на действие статической нагрузки;

Нагрузка осуществлялась при помощи воздушного компрессора и передавалась непосредственно на пневматический домкрат грузоподъемностью 3 т. Усилие передавалось в третях пролетов сосредоточенными силами, передающимися через стальной траверс.

В ходе испытания были применены несколько методов регистрации данных. На балке были расположены 40 тензодатчиков, 3 зоны фотометрии, индикаторы часового типа и прогибомер Максимова.

В ходе испытания балка показала упругую работу, с максимальным прогибом 6,65 мм.

Используя данные фотометрии, были построены изополя деформаций в приопорной зоне, по мере приближения к опоре было замечено видоизменение и возрастание касательных напряжений, что говорит о необходимости усиления этой зоны.

По результатам тензометрии были построены эпюры нормальных напряжений при действии на балку 1000, 2000, 3000 кг.

В результате сравнения можно отметить, что стеклопластик и углепластик были включены в работу, также было замечено что форма элемента усиления оказывает определенное влияние на конструкцию.

Рассмотрев результаты, определено, что круглая форма элемента усиления более эффективна и рациональна, также необходимо проводить усиление по всей высоте сечения во избежании пикового напряжения и резких скачков касательных напряжений.

MASSIVE GLUED BEAM WITH STRUCTURAL PARTICULAR QUALITIES

Stoianov V.O., postgraduate

(chief of carry wood structures laboratory of Central Scientific Research Institute for Building Structures (TSNIISK)

Podhornyi O. M.S.

Jgalli.SP.G., postgraduate

Pr. Stoianov V.V.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The frequent destruction of glued beams from shearing is due to the formation of microcracks and delaminations in the pripy zones. The article considers options for strengthening these zones.

Beam's length is 3000 mm and the size of section is 100 × 400 mm. In one vertical plate are pasted 6 circles of fiberglass and 6 squares of carbon fiber with a size of 150 mm in three layers. Longitudinal and transverse slots are arranged on the left and on the right side in the supporting parts of the beam, with glued metal mesh of 1-2 mm thick with a layer-by-layer reinforcement in them.

In some parts of the beam there are artificial cracks that simulate stratification.

In the course of the experiment, the following main tasks were set:

1. Investigate the stress-strain state of experimental full-scale construction;
2. Investigate the behavior of the structure on the action of a static load.

The load was carried out with the help of an air compressor and was transmitted directly to a pneumatic jack with a lifting capacity of 3 tons. The load was transmitted in thirds of the flights with concentrated forces transmitted through the steel traverse.

During the test, several methods of recording data were applied. On the beam there were 40 strain gauges, 3 photometry zones, dial gauge indicators and Maximov's deflectometer.

During the test, the beam showed elastic work, with a maximum deflection of 5.78 mm.

Using the photometry data, deformation isoforms were constructed in the support zone, as the approach to the support was observed, the modification and increase of tangential stresses was noted, which indicates the need for amplification of this zone.

According to the results of tensometry, diagrams of normal stresses were plotted under action on a beam 10, 20, 30 kN.

As a result of the comparison, it can be noted that GRP and CFRP were included in the work, it was also noticed that the shape of the reinforcement element has a certain effect on the structure.

Having considered the results, it is determined that the circular shape of the gain element is more effective and rational, it is also necessary to carry out amplification along the entire height of the section in order to avoid peak stress and sudden jumps of tangential stresses.

Балки из клееной древесины имеют ряд характерных проблем связанных с анизотропией строения древесины и концентрацией наибольших значений касательных напряжений в опорных зонах балок из-за максимальной величины перерезывающих сил по сравнению с арками или рамами аналогичного пролета. Этим объясняется доминирующий характер разрушения балок в условиях эксплуатации, именно от скалывания на опорах [1],[2]. Такой характер разрушения свойствен только клееным балкам, и провоцируется микротрещинами, расслоениями и др. дефектами, вызванными более активными колебаниями влажности в торцовых зонах.

Для предотвращения и регулирования развития трещин были рассмотрены некоторые типы усиления клеодощатой балки.

Для предотвращения развития косых и поперечных трещин при склеивании в пакете между досками устанавливается тонкая (1-2 мм) сетка высокомолекулярного материала [3].

В клеодощатой балке (рис.1) из сосны 2 сорта по всем пластям устраиваются различные особые элементы.

а)



б)

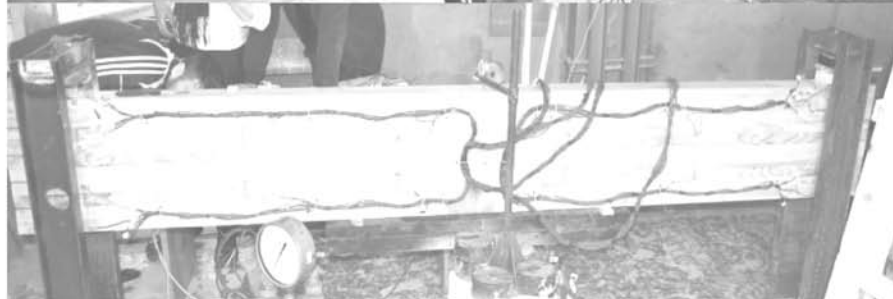


Рисунок 1. Испытуемый образец (балка длиной 3000мм и сечением 100×400 мм); а - плоть усиленная углепластиком и стеклопластиком; б – плоть на которой расположены тензодатчики

По второй вертикальной пласти (3000×400 мм) под местами на противоположных стороне кругов и квадратов из углепластика SikaWrap-430G и стеклопластика T-11 расположены 24 (всего 40 штук) тензодатчика и часть тензодатчиков по краям. По четыре тензодатчика располагаются по краям узкой пласти поверху и понизу балки (рис.2).

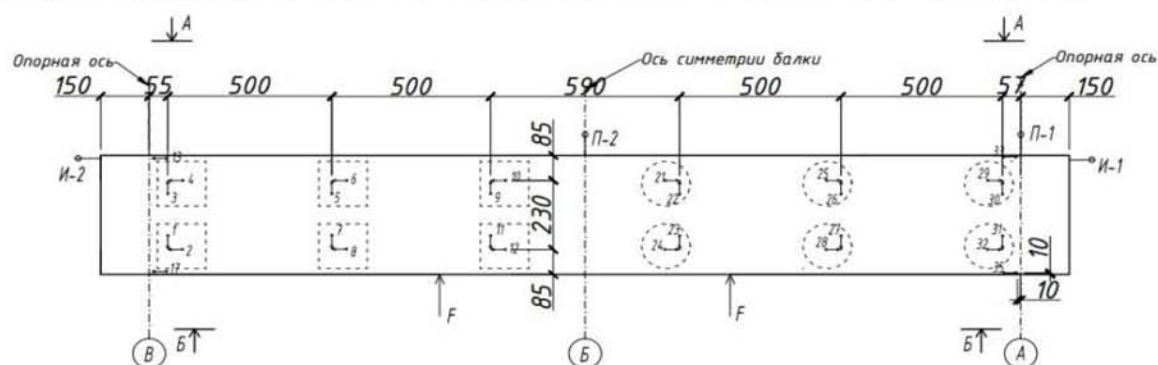


Рисунок 2. Схема расположения измерительной аппаратуры и датчиков

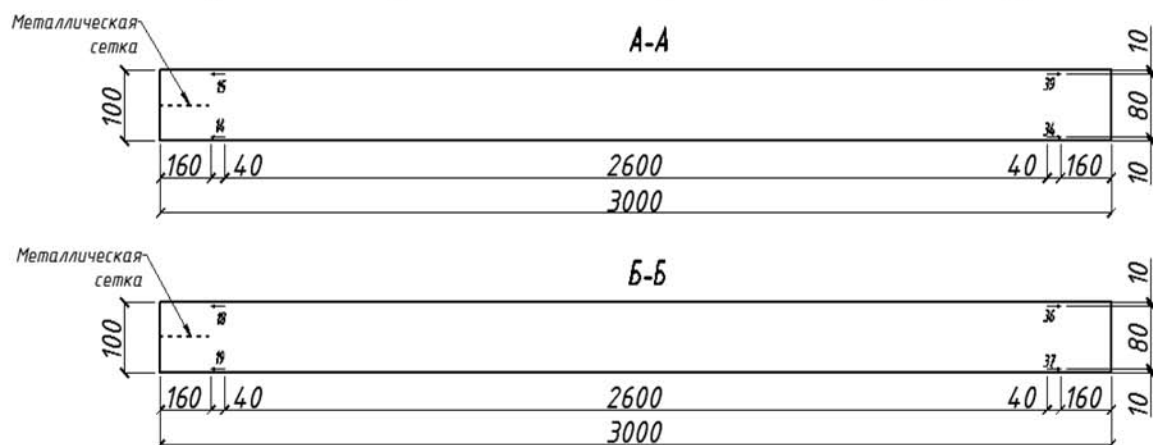


Рисунок 3. Схема расположения датчиков в разрезах А-А и Б-Б

В отдельных частях балки устроены искусственные трещины. В опорных частях балки были предусмотрены продольные (в одной опорной зоне) и поперечные (второй опорной зоне) прорезы с последующим устройством в них на клею металлических сеток толщиной в 1-2 мм.

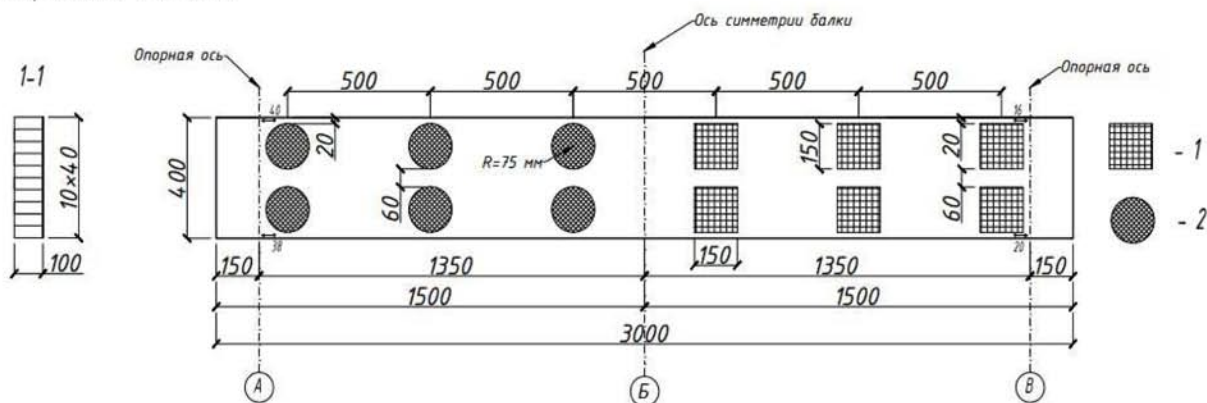


Рисунок 4. Схема расположения зон усиления клеодощатой балки
1-углепластик; 2-стеклоткань

Три зоны по всей высоте балки подготовлены для фотометрии, по результатам которой получены нормальные и касательные деформации в определенном сечении балки (рис.5).

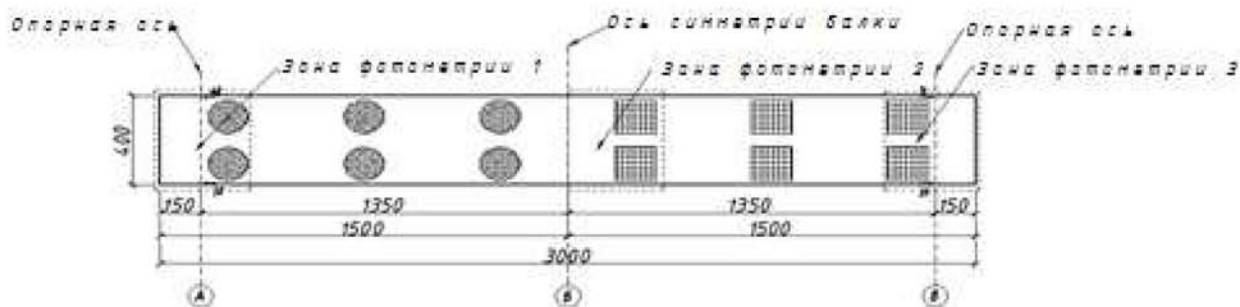


Рисунок 5. Схема расположения зон фотометрии

Расчетная схема определена назначением конструкции как однопролетная шарнирно опертая балка на двух опорах (рис.6).

В ходе эксперимента были поставлены такие основные задачи:

1. Исследовать напряженно-деформированное состояние экспериментальной натурной конструкции;
2. Исследовать поведение конструкции на действие статической нагрузки;

Балка испытывалась на действие сосредоточенных сил, расположенных в третях пролета элемента (рис.6.).

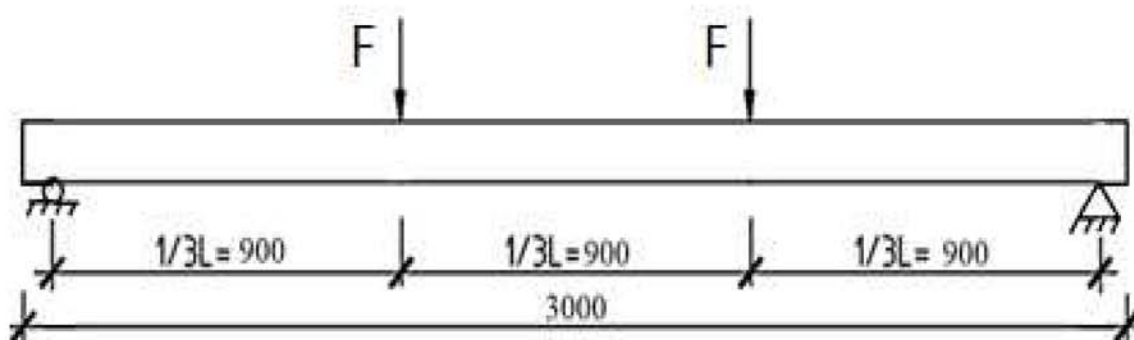


Рисунок 6. Основная схема загрузки экспериментальной балки

Нагрузка осуществлялась при помощи воздушного компрессора и передавалась непосредственно на пневматический домкрат грузоподъемностью 40 кН. Усилие передавалось в третях пролетов сосредоточенными силами, передающимися через стальной траверс.

При испытании использовался комбинированный метод для исследования процессов локализованной деформации деревянной модели усиленной высокомодульными материалами. Применение одновременной регистрации несколькими методами позволило проследить и сравнить регистрируемые параметры на протяжении всего времени эксперимента.

В качестве измерительной аппаратуры использовались прогибомеры Максимова, индикаторы часового типа (рис.2).

После проведения испытания были получены и обработаны следующие данные: прогиб в центре балки (рис.6), получено сравнение нормальных напряжений (рис.8) в зонах (рис.7) усиления балки стеклопластиком и углепластиком. По результатам фотометрии были построены эпюры нормальных и касательных деформаций (рис. 9).

На рисунке 7 изображен график прогибов в центре балки в зависимости от нагрузки. Усилие подавалось пошагово (шаг 5 кН), после каждого шага выдерживалась в течение 15 минут. Максимальная нагрузка составила 40 кН и после также пошагово уменьшалась.

Прогиб в центре балки

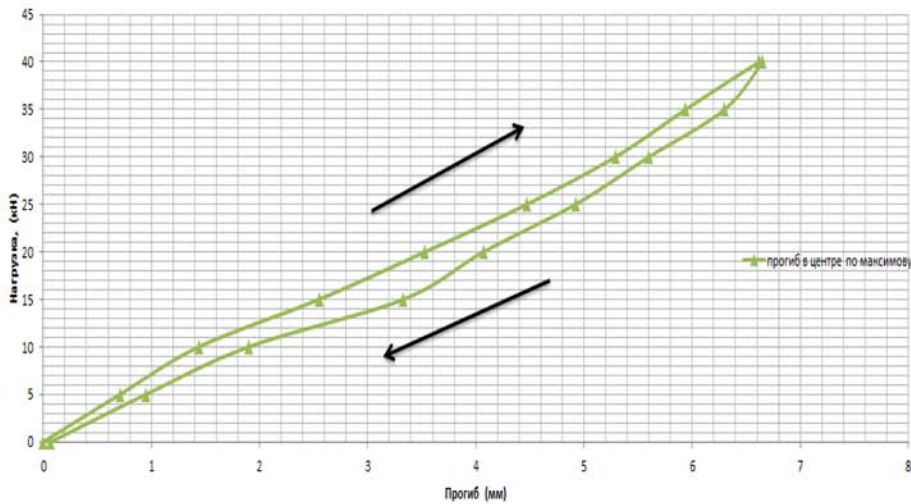


Рисунок 7. График зависимости прогиба от нагрузки в центре балки по данным прогибомера Максимова

Прогиб балки составил 6,65 мм (рис.7), который был зарегистрирован прогибомером Максимова.

По результатам тензометрии были построены эпюры нормальных напряжений (рис. 9) при действии на балку 10, 20, 30 кН. После чего было сделано сравнение распространение нормальных деформаций в зонах расположенных по схеме 8.

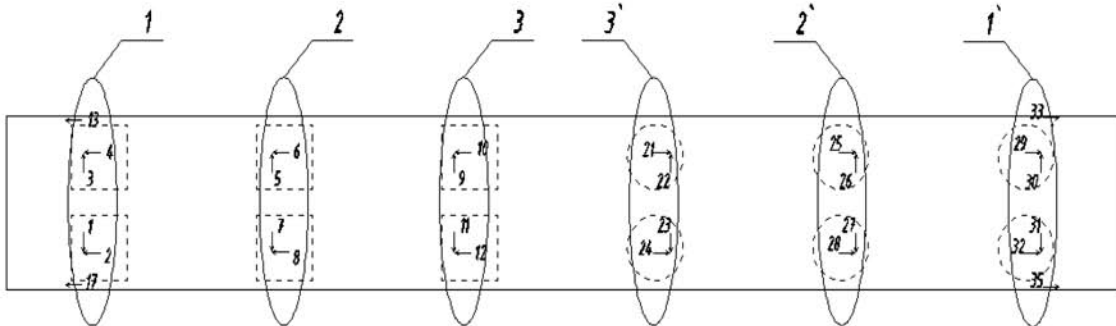


Рис.8. Схема расположения сравниваемых зон по нормальным напряжениям

В результате сравнения можно отметить, что стеклопластик и углепластик были включены в работу, также было замечено что форма элемента усиления оказывает определенное влияние на конструкцию.

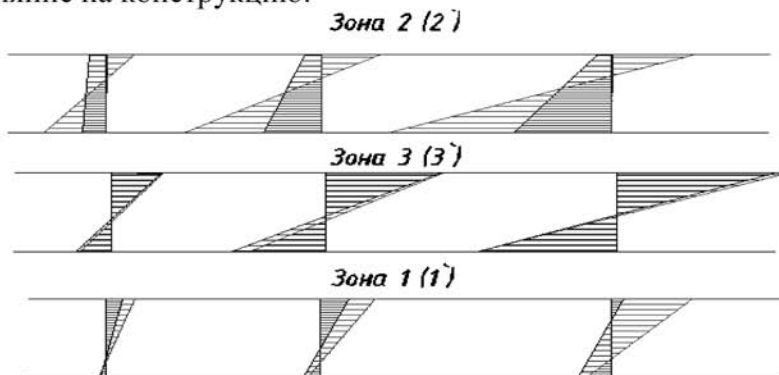


Рис.9. Сравнение эпюр нормальных напряжений при нагрузке 10, 20, 30кН

По результатам фотометрии были построены изополя деформаций в приопорной зоне, были построены эпюры нормальных и касательных напряжений поперек сечения (рис. 10).

Рассмотрены 3 участка приопорной зоны, по мере приближения к опоре было замечено видоизменение и возрастание касательных напряжений, что говорит о необходимости усиления этой зоны.

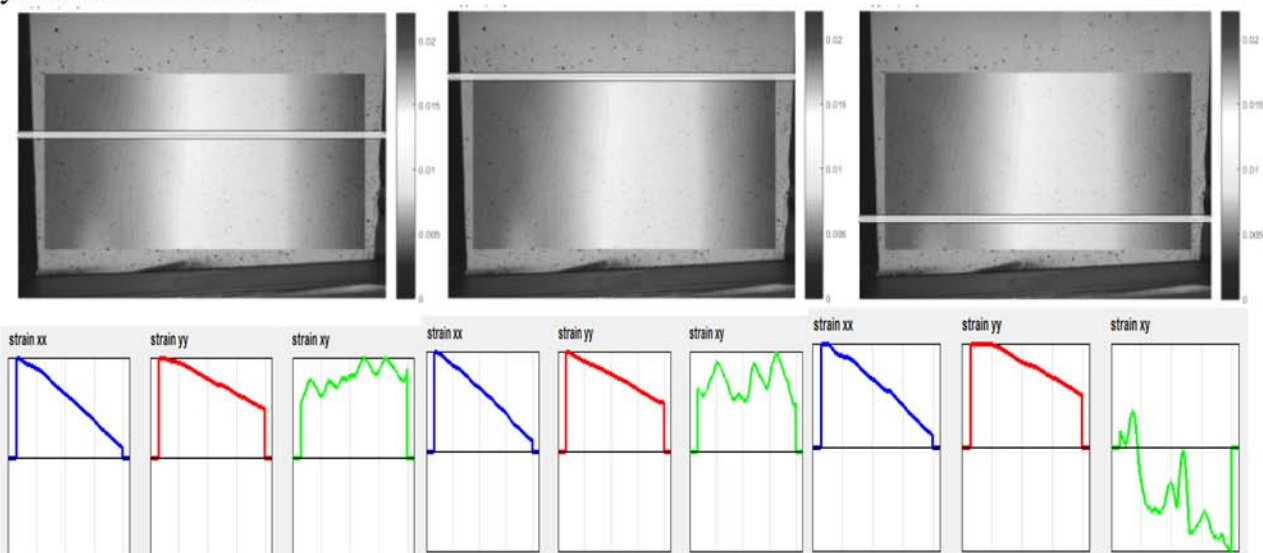


Рис.10. Эпюры нормальных и касательных деформации по линии поперек сечения

В программном комплексе ANSYS выполнено более 30 расчетов с различными конфигурациями усиления и построены эпюры нормальных и касательных деформаций. При расчете послойного армирования модели были взяты переменные:

1. h – толщина усиления
2. B – длина усиления в приопорном участке
3. E – модуль упругости элемента усиления
4. Вертикальное усиление либо горизонтальное.

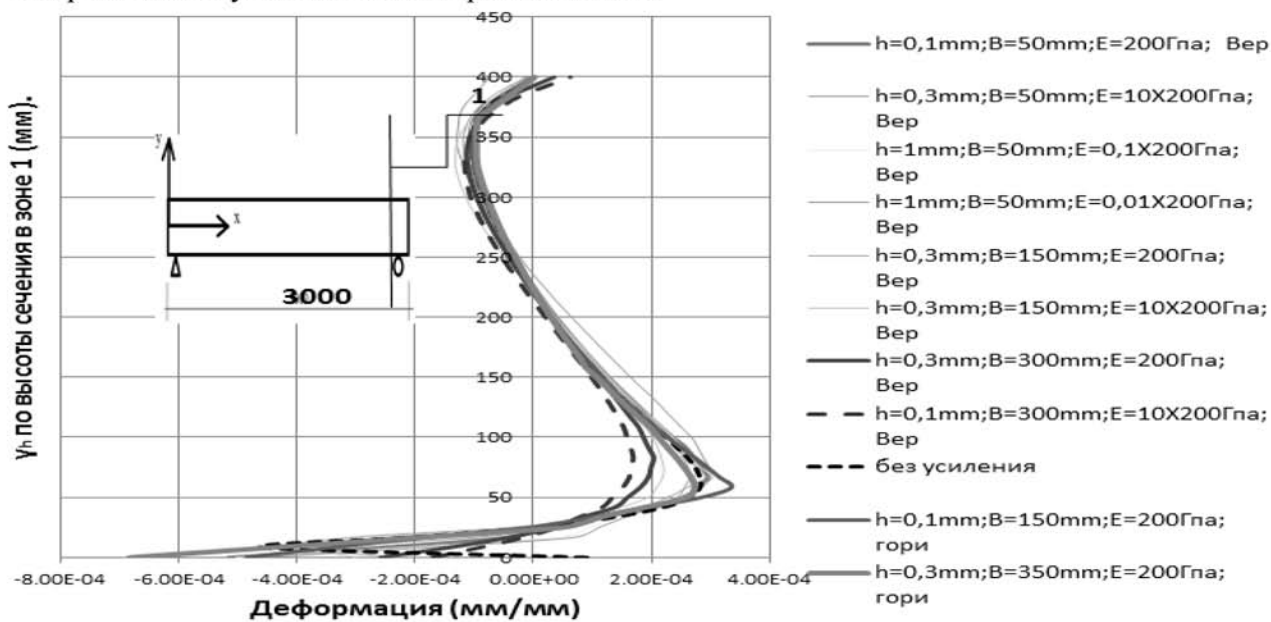


Рисунок 11. Эпюры нормальных деформаций в зоне 1

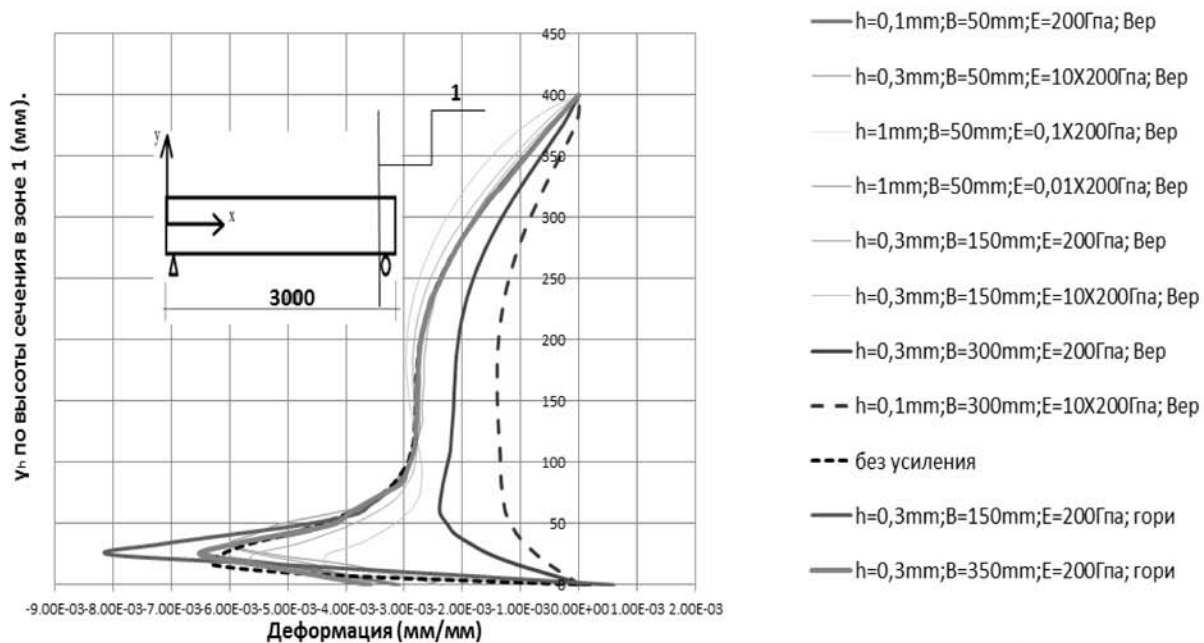


Рисунок 12. Эпюры касательных деформаций в зоне 1

По результатам можно определить что вертикальное усиление более эффективное и во многих случаях усиление только ослабляет сечение.

Также были рассмотрены усиления по боковой пласти балки, в этом случае были переменные:

1. E – модуль упругости элемента усиления
2. Его форма (квадрат, круг)

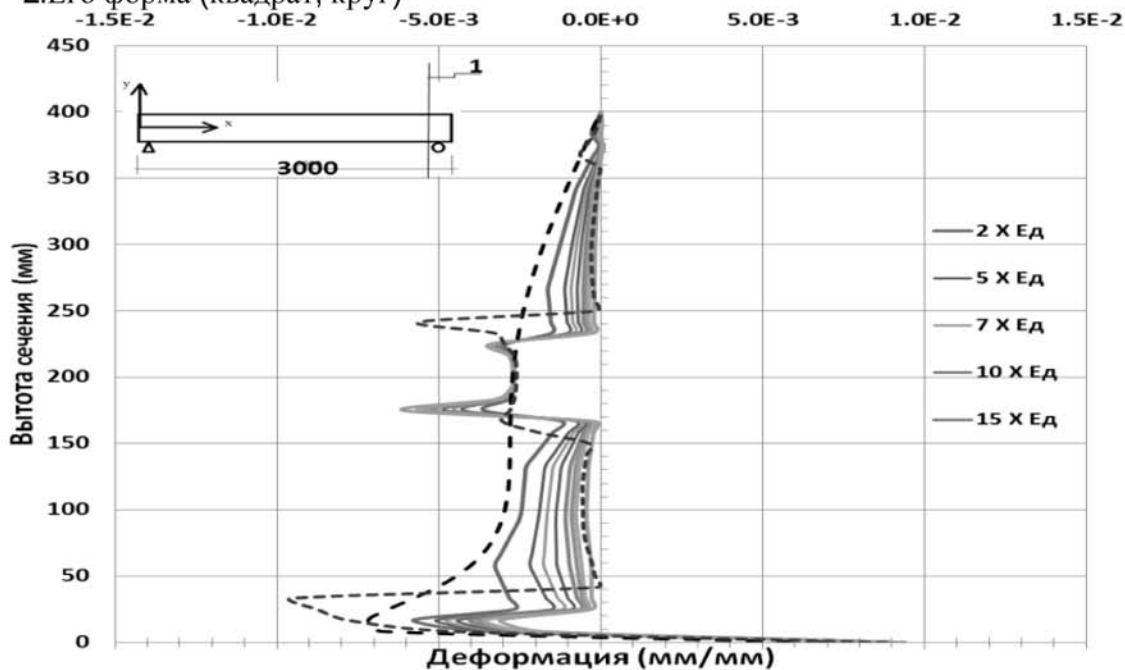


Рисунок 13. Эпюры касательных деформаций в зоне 1 (расстояние от опоры 210 мм)

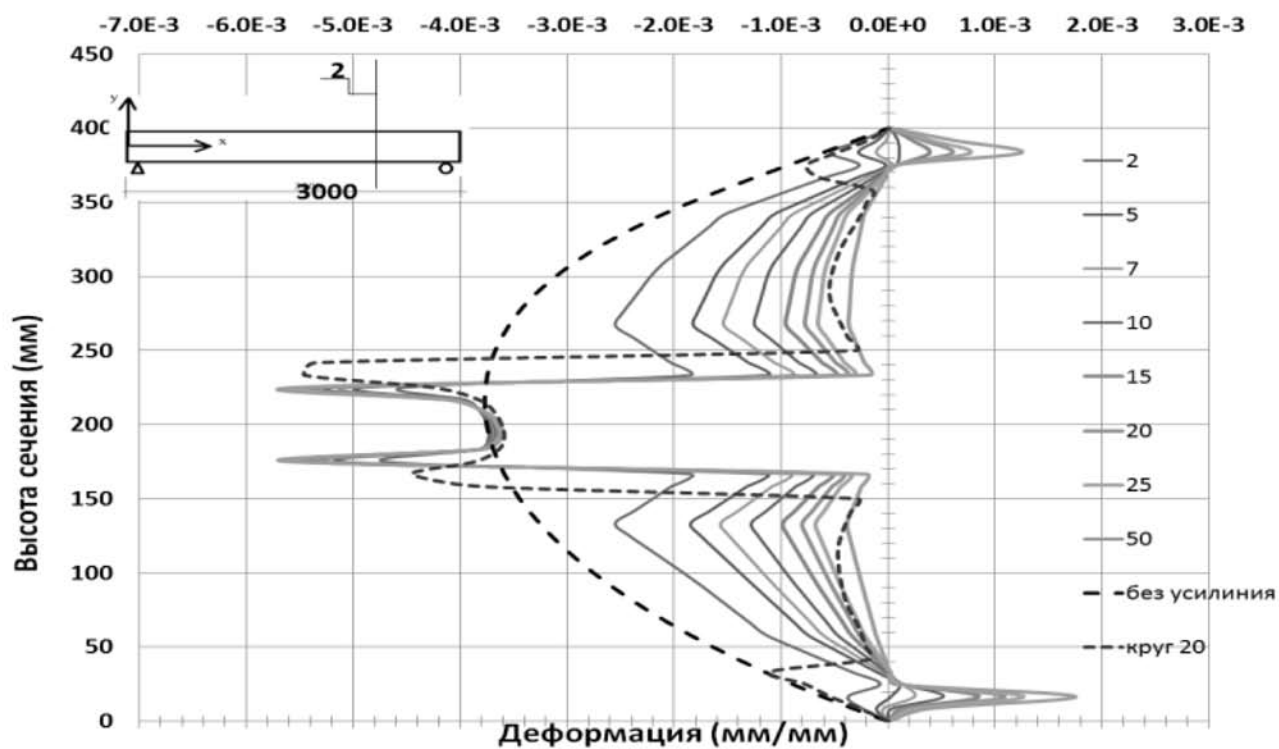


Рисунок 14. Эпюры касательных деформаций в зоне 1(расстояние от опоры 700 мм)

Выводы: высокомодульные полимерные материалы могут эффективно использоваться при усилении клеешовых конструкций, послойное армирование эффективно в приопорных зонах для восприятия касательных напряжений. Рассмотрев результаты определено, что круглая форма элемента усиления более эффективна и рациональна, также необходимо проводить усиление по всей высоте сечения во избежания пикового напряжения и резких скачков касательных напряжений.

Список литературы:

1. Громацкий В.А., Зотова И.м., Турковский С.Б. Составные клееные деревянные элементы с наклонно вклеенными металлическими связями. <<Экспресс-информация. Строительство и архитектура>>. М.:ВНИИС, 1983. Сер. 11, вып.10.
2. Погорельцев А.А. Сдвиговая прочность изгибаемых деревянных элементов с поперечным армированием: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 1989.
3. А.А.Погорельцев, к.т.н., С.Б.Турковский, д.т.н. ,В.О.Стояновасп. Высокомодульные материалы, используемые в массовых клеешовых конструкциях. В сб. современные строительные конструкции из металла и древесины – Одесса, ОГАСА, изд.ВРС, 2015, с. 106-109
4. Хрулев В. М. Модифицирование древесины в строительстве. - М., Стройиздат., 1983. - с.80.
5. Стоянов В.В. Деревянные балки, патент на изобретение №8156 №13 от 10.07.2007.
6. Стоянов В.В. Особенности деревянных изгибаемых элементов и современные строительные конструкции из металла и древесины -Одесса, ОГАСА, 2009.
7. Стоянов В.О. Массивные КДК – некоторые особенности их конструирования и реконструкции – 2016, с.14-164.
8. Красимилова А. (2016). Изледоване на поведение при огъване на дървени елементи усилены с DFRP и CFRP. Днсертационен труд, УАСГ, София