

УДК 624.011

## ВИПРОБУВАННЯ КЛЕЕДОЩАТИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ПОСИЛЕННЯМ ПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

*к.т.н. ас. Бояджі А.О.  
асп. Жгаллі Ш.  
магістр Прокоф'єв Д.А.  
магістр Волошенко В.В.  
магістр Підгорний А.С.  
магістр Резніков А. А.  
магістр Мудрих В.А.*

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

### Анотація

Перший тип (Б1) досліджуваних конструкцій є клеєдощата балка перерізом 100х60 мм і довжиною 3400 мм із сосни ІІ сорту. Для того, щоб величини вимірюваних прогинів були досить великі (для легшого вимірювання) балка завантажувалася в площині з найменшим моментом опору перерізу (в площині YOZ). Тому на другому етапі випробувань на поверхню балки був нанесений шар клею на мочевино-формальдегідній основі товщиною 5 мм і балка була залишена на 72 години для вбирання клею. В результаті цієї процедури відбувається заповнення аморфної целюлози сечовини-формальдегідних складом з подальшою його кристалізацією.

Другий тип (Б2). Не підсилена балка Б2 зклеєна з 8 брусків сосни ІІ сорту перерізом 40х50 мм. Перетин балки 320х50, довжина 3000 мм. Не підсилена балка була випробувана на поперечний вигин за допомогою пневматичного домкрата, виставленого в середині прольоту. Балка Б2 була посилена різними ПКМ, а саме скло і вуглеволокна. На верхній пояс було наклеєно скловолокно в три шари. Для робочого матеріалу розтягнутої зони було вибрано вуглеволокно (цей полімерний матеріал широко використовується в машино- і літакобудуванні у вигляді каркасного композиту - вуглепластика). Углевовлокно було наклеєно за допомогою епоксидного сполучного в один шар.

Результати досліджень показали, що полімерні композитні матеріали можуть служити ефективним способом посилення конструкцій, які вже перебувають в експлуатації, а також широко використовуватися при проектуванні нових об'єктів.

**Ключові слова:** Клеєдощаті балки, полімерні композити, сечовини-формальдегідні суміші, тензометрія, поперечний вигин.

## ИСПЫТАНИЯ КЛЕЕДОЩАТЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК С УСИЛЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

*к.т.н. асс. Бояджи А. А.  
асп. Жгалли Ш.  
магистр Прокофьев Д. А.  
магистр Волошенко В. В.  
магистр Подгорный А.С.  
магистр Резников А. А.  
магистр Мудрых В. А.*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

### Аннотация

Первый тип (Б1) исследуемых конструкций представляет собой клеєдощатую балку сечением 100х60 мм и длиной 3400 мм из сосны ІІ сорта. Для того, чтобы величины измеряемых прогибов были достаточно велики (легко подающимися измерению) балка

загружалась в плоскости с наименьшим моментом сопротивления сечения (в плоскости YOZ).

Поэтому на втором этапе испытаний на поверхность балки был нанесен слой клея на мочевино-формальдегидной основе толщиной 5 мм и балка была оставлена на 72 часа для впитывания клея. В результате этой процедуры происходит заполнение аморфной целлюлозы мочевино-формальдегидным составом с последующей его кристаллизацией.

Второй тип (Б2). Неусиленная балка Б2 клеена из 8 брусков сосны II сорта сечением 40х50 мм. Сечение балки 320х50, длину 3000 мм. Неусиленная балка была испытана на поперечный изгиб с помощью пневматического домкрата, выставленного в середине пролета.

Балка Б2 была усилена различными ПКМ, а именно стекло- и углеволокном. На верхний пояс было наклеено стекловолокно в три слоя.

Для рабочего материала растянутой зоны было выбрано углеволокно (этот полимерный материал широко используется в машино- и самолетостроении в виде каркасного композита – углепластика). Углеволокно было наклеено с помощью эпоксидного связующего в один слой.

Напряженно-деформированное состояние неусиленной и усиленной балок типа Б2 исследовалось при помощи 17-ти тензорезисторов, наклеенных на критических участках балки. При испытаниях использовались тензорезисторы с базой 40мм. Нагрузка была приложена в середине пролета балки в виде сосредоточенной силы с помощью пневматического домкрата.

Результаты исследований показали, что полимерные композитные материалы могут служить эффективным способом усиления конструкций, уже находящихся в эксплуатации, а также широко использоваться при проектировании новых объектов.

#### **Ключевые слова**

Клеедощатые балки, полимерные композиты, мочевино-формальдегидные смеси, тензометрия, поперечный изгиб.

#### **TESTING GLUED WOODEN BEAMS WITH POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS STRENGTHENING**

Ph.D., asst. Boyadzhi A.A.  
graduate student Zhgalli Sh.  
master Prokofiev D.A.  
master Voloshenyuk V.V.  
master Podgor ny A.S.  
master Reznikov A.A.  
master Mudrykh V.A.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

#### **Abstract**

The first type (B1) of the investigated structures is a glued beam with a section 100x60 mm and a length 3400 mm from pine of II grade. To ensure that the values of the measured deflections were sufficiently large (easily measured), the beam was loaded in the plane with the smallest section resistance (in the YOZ plane).

Therefore, during the second stage of testing, a layer of glue with a urea-formaldehyde base 5 mm thick was applied to the surface of the beam and the beam was left for 72 hours to absorb the adhesive. As a result of this procedure, amorphous cellulose is filled with urea-formaldehyde composition followed by its crystallization.

The second type (B2). The unreinforced beam B2 is glued from 8 boards of a pine of II sort with section 40x50 mm. Section of the beam is 320x50, length is 3000 mm. The unbraced beam was tested for transverse bending by a pneumatic jack, exposed in the middle of the span.

The beam B2 was reinforced with various PCMs (fiberglass and carbon fiber). On the upper belt was glued fiberglass in three layers.

Carbon fiber was chosen for the working material of the stretched zone (this polymer material is widely used in machine and aircraft construction in the form of a carcass composite - CFRP). Carbon fiber was glued with an epoxy binder in a single layer.

The stressed-deformed state of the unforced and reinforced B2-type beams was investigated with the help of 17 strain gauges glued on the critical sections of the beam. During the tests, tensoresistors with a base of 40 mm were used. The load was applied in the middle of the span of the beam in the form of concentrated force with the help of a pneumatic jack.

The results of the research showed that polymeric composite materials can serve as an effective method of strengthening structures that are already in use, and also widely used in the design of new facilities.

Keywords

Glued beams, polymer composites, urea-formaldehyde mixtures, tensometry, transverse bending.

**Объекты исследования** - клеодощатые деревянные балки с усилением полимерными композитными материалами.

*Первый тип (B1)* представляет собой клеодощатую балку сечением 100x60 мм и длиной 3400 мм из сосны II сорта (рис. 1). Для того, чтобы величины измеряемых прогибов были достаточно велики (легко поддающимися измерению) балка загружалась в плоскости с наименьшим моментом сопротивления сечения (в плоскости YOZ). Испытания на поперечный изгиб проводились по схеме (рис.2).

Известно, что древесина как природный полимер состоит из целлюлозы в виде системы трубчатых волокон. Целлюлозные цепочки в стенках трубчатых волокон частично (около 40%) группируются в виде кристаллических областей - мицелл, где цепи ориентированы параллельно и прочно удерживаются межмолекулярными силами. Остальная часть (около 60%) так называемой аморфной целлюлозы состоит из неориентированных областей, где нет полной взаимонасыщаемости цепей и где довольно легко может происходить взаимодействие целлюлозы с органическими составами.

Поэтому на втором этапе испытаний на поверхность балки был нанесен слой клея на мочевино-формальдегидной основе толщиной 5 мм и балка была оставлена на 72 часа для впитывания клея. В результате этой процедуры происходит заполнение аморфной целлюлозы мочевино-формальдегидным составом с последующей его кристаллизацией.

Балка была выставлена на опоры. Опорная часть составила 120 мм с каждой из сторон, тем самым сократив расчетную длину до 3280 мм. В середине пролета был установлен прогибомер для измерения деформаций балки.

Результаты испытаний показали, что прогиб балки, усиленной ПКМ составил 9,95 мм, что на 12,3% меньше прогиба балки не усиленной ПКМ.

*Второй тип (B2).* Неусиленная балка B2 поклеена из 8 брусков сосны II сорта сечением 40x50 мм. Сечение балки 320x50, длину 3000 мм (рис. 3). Неусиленная балка была испытана на поперечный изгиб с помощью пневматического домкрата, выставленного в середине пролета по схеме (рис. 4).

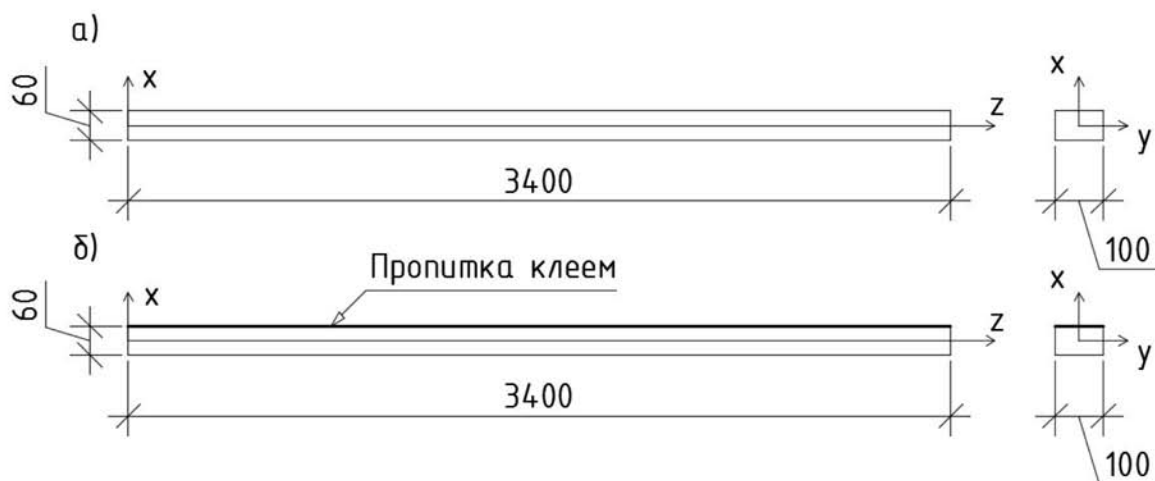


Рис. 1 Схема балки Б1, а) неусиленная балка, б) усиленная балка

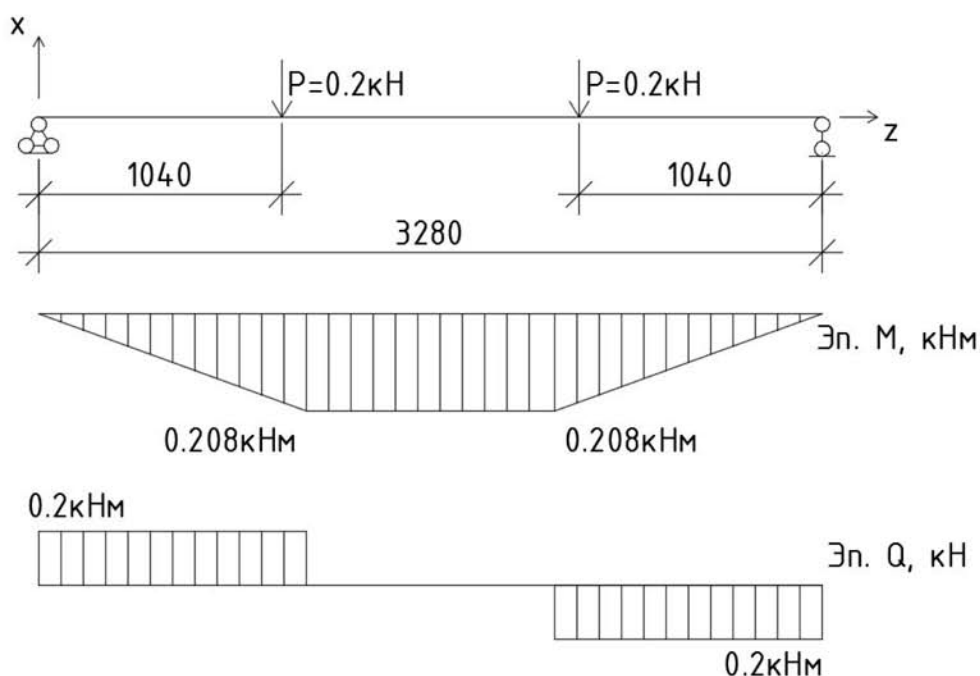


Рис. 2 Расчетная схема, эпюры момента и поперечной силы Б1.

Балка Б2 (рис. 3) была усилена различными ПКМ, а именно стекло- и углеволокном. На верхний пояс было наклеено стекловолокно в три слоя. Расчетная схема представлена на Рис. 5.

Для рабочего материала растянутой зоны было выбрано углеволокно (этот полимерный материал широко используется в машино- и самолетостроении в виде каркасного композита – углепластика). Углеволокно было наклеено с помощью эпоксидного связующего в один слой.

Между клееными элементами балки 1-2 и 7-8 была проложена оцинкованная армированная сетка с шагом ячеек 1 мм. Кроме того, на приопорных участках между элементами 2-3, 4-5 и 6-7 была проложена армирующая сетка длиной 500 мм с такими же характеристиками.



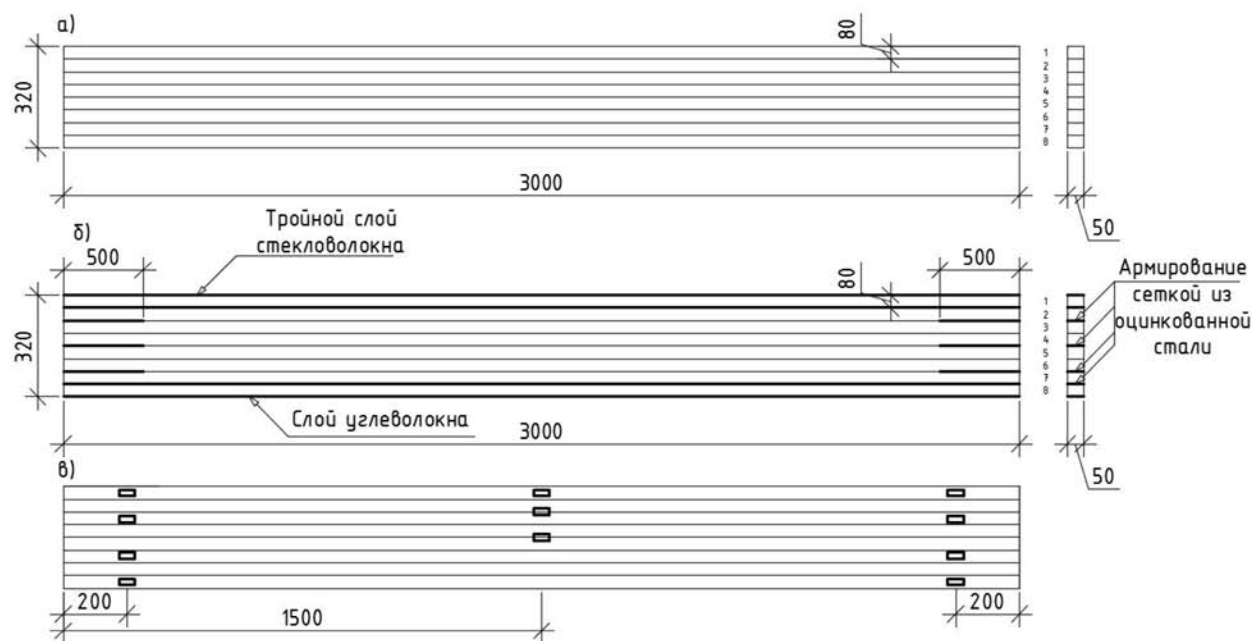


Рис. 3 Схема балки Б, а) неусиленная балка, б) усиленная балка, в) схема расположения датчиков

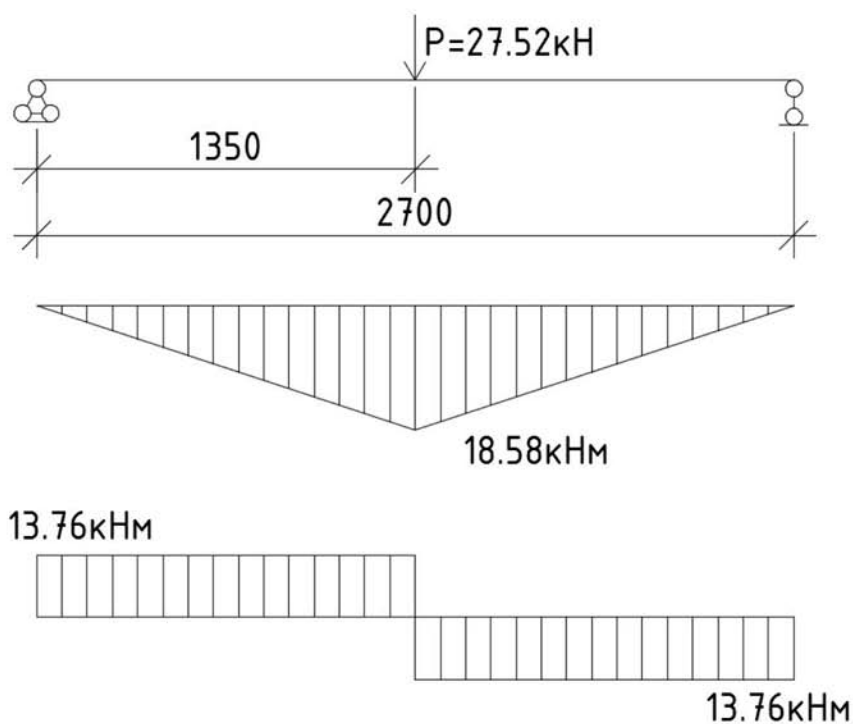


Рис. 4 Расчетная схема, эпюры момента и поперечной неусиленной балки Б2

Также как в неусиленной балке бруски были проклеены между собой с помощью клея ПВА с ускорителем твердения. Склеиваемые бруски стягивались между собой при помощи струбцин, которые обеспечивали достаточное усилие сжатия. Армирующая сетка была предварительно прикреплена к брускам строительными скобами.

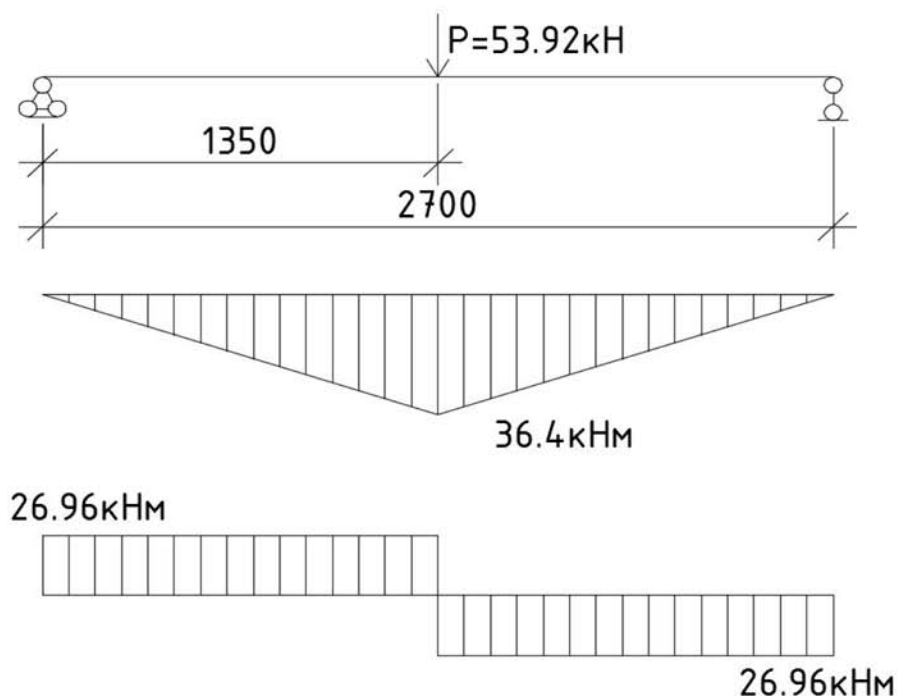


Рис. 5 Расчетная схема, эпюры момента и поперечной силы усиленной балки Б2

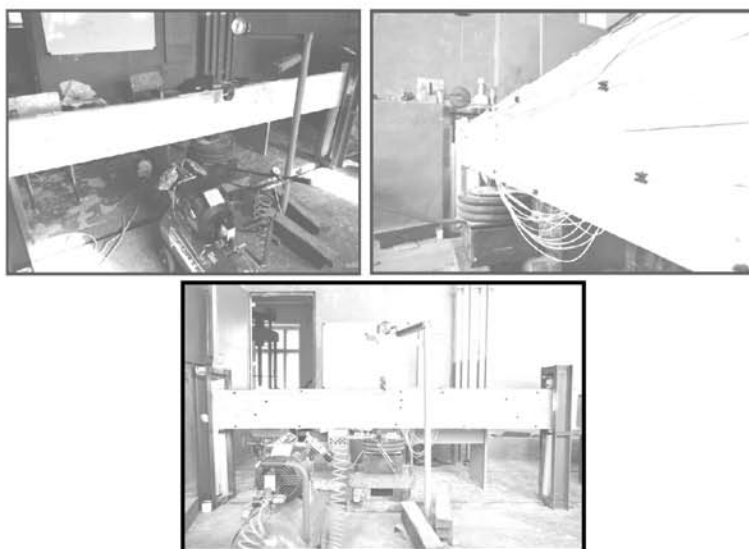


Рис. 6,7,8 Балки Б2 перед испытаниями

Напряженно-деформированное состояние неусиленной и усиленной балок типа Б2 исследовалось при помощи 17-ти тензорезисторов, наклеенных на критических участках балки. При испытаниях использовались тензорезисторы с базой 40 мм. После тарирования, с помощью устройства «Мост» и программного обеспечения к нему были получены значения сопротивлений датчиков. Сопротивления были преобразованы в деформации. Нагрузка, как и при испытании неусиленной балки, была приложена в середине пролета балки в виде сосредоточенной силы с помощью пневматического домкрата.

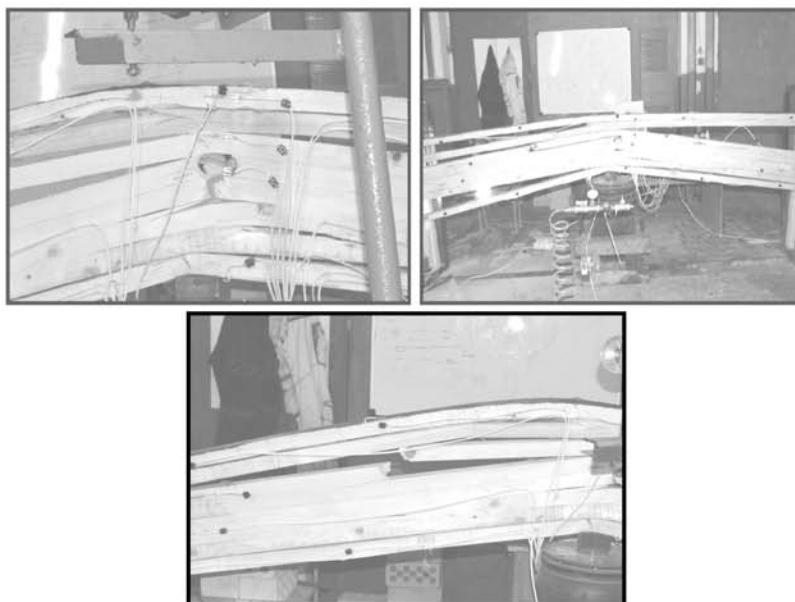


Рис. 9,10,11 Усиленная балка Б2 после разрушения

Полученные результаты представлены в виде графиков зависимости деформаций от прикладываемой нагрузки Рис 12:

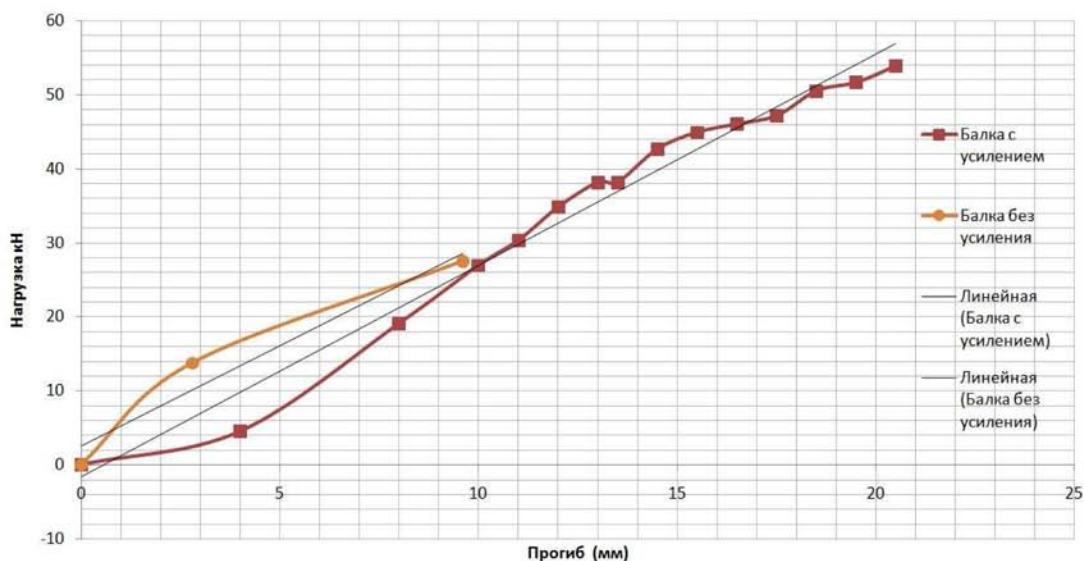


Рис. 12 Сравнительные графики зависимости деформаций от прикладываемой нагрузки усиленной и неусиленной балки

### Выводы:

Полимерные композитные материалы могут служить эффективным способом усиления конструкций, уже находящихся в эксплуатации, а также широко использоваться при проектировании новых объектов.

### Список литературы:

1. Стоянов В.В. Конструирование легких сборных гиперболических покрытий. // Одесса, 2000г. - Полиграфический центр ЧП «Укртехснаб», 2000.- 166с.
2. Стоянов В.В. Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс.// Курс лекций. ОГАСА. 2011 г. -116 с.
3. Flügge, W., Stresses in Shells, Springer Verlag, Berlin (1967).