

## ПРИМЕНЕНИЕ СОСТАВНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ БАЛОК В КОНСТРУКЦИЯХ МАЛОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

Лютов Лев

**Аннотация.** Рассмотрены виды составных балок применяемых при строительстве каркасных деревянных домов, так же предложена новая конструкция составной комбинированной двутавровой балки.

**Ключевые слова:** деревянные дома, балки, OSB, профлист, волнистый стальной лист, стальные нагели.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На сегодняшний день в Украине наблюдается устойчивая тенденция увеличения доли малоэтажных домов в общих объемах строительства. Это обстоятельство обуславливается стремлением людей к комфорту и большей свободе от различных коммунальных служб.

Первое место по популярности в качестве материала для каркаса здания в Украине занимает железобетон, в связи с его широкой доступностью, невысокой стоимостью, простотой использования, но при этом высокими прочностными характеристиками. На втором месте по популярности стоит металл. Главным преимуществом металлических конструкций является легкость, однако, в следствие высокой стоимости металла малоэтажные здания с металлическим каркасом не получили широкого распространения.

В США и Канаде наиболее популярным материалом для строительства малоэтажных зданий является дерево. В Украине деревянные каркасные дома только начали завоевывать строительный рынок.

Современные деревянные каркасные конструкции ни в чем не уступают кирпичным и бетонным, оставаясь при этом достаточно прочными и экономичными. Правильно спроектированный и построенный каркасный дом обладает высокими теплосберегающими свойствами.

В качестве элементов каркаса в деревянных домах используются либо деревянные брусья и доски, либо двутавровые комбинированные балки. К преимуществам двутавровых балок перед брусьями относится большая жесткость и прочность конструкции.

На сегодняшний день наиболее распространены балки со стенкой из листа OSB вклеенной в паз в деревянные брусья полов [14]. К ее преимуществам относится небольшой вес, высокая энергоэффективность конструкции и возможность прокладки коммуникаций через отверстия, выполненные в стенке. К недостаткам - токсичность при горении из-за использования фенолформальдегидного клея для производства OSB, а также появление скрипов при приложении нагрузки после усушки. Балки со стенкой из OSB

применяется в качестве несущих элементов перекрытий или покрытий при пролетах 4,5; 6,5 м, максимально допустимый пролет – 12м.



Рис.1. Комбинированная двутавровая балка со стенкой из OSB.

Fig.1. The combined I-beam with the OSB web

Так же в качестве элементов каркаса применяются комбинированные балки HTS [14]. Данная конструкция впервые появилась в Европе в 1971 году. На данный момент в Европейском Союзе работают 6 заводов по их изготовлению, и 1 завод в России. Балка выполняется с параллельными поясами. Пояса изготавливаются из древесины



Рис. 2. Балка HTS

Fig.2. HTS Beam

хвойных пород. Стенка представляет собой гофрированный стальной оцинкованный лист с выштампованными зубьями S-образной формы с шагом 50 мм для предотвращения раскалывания поясных брусьев. Балки HTS применяются как в качестве стропил и прогонов, так и в качестве балок перекрытий или колонн. Максимально допустимая длина балки - 24 м. Балки HTS способны воспринимать нагрузку до 500 кг/м и имеют массу около 6,8 кг/м. К ее плюсам относится легкость, энергоэффективность и высокая местная устойчивость стенки за счет применения гофрированного стального листа. К минусам-

необходимость изготовления стальных листов с гофрами определенной формы, а также



необходимость в дорогостоящем оборудовании для прессования.

Рис.3. Балка HTS в качестве несущих элементов каркаса малоэтажного дома

Fig.3. HTS beam as bearing frame members of low-rise house

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Таким образом, рассмотрев наиболее распространенные конструкции балок, применяемых в каркасном малоэтажном строительстве, можно сделать вывод, что актуальна разработка новой конструкции балки, которая была бы одновременно простой в изготовлении, экономичной и обладала относительно высокими прочностными характеристиками.

На основании этого нами предложена двутавровая балка с поясами из древесины и стенкой из волнистого металлического листа, прототипом которой можно назвать балку конструкции HTS.

В предложенной конструкции брусья поясов распиливаются в длину по синусоиде и крепятся к волнистому металлическому листу посредством стальных нагелей. Для защиты балки от коррозии стенка выполняется из оцинкованного металла, а в качестве нагелей используются анодированные шурупы. Деревянные пояса для защиты от вредителей и придания огнезащитных свойств необходимо покрывать специальным биоогнезащитным составом.

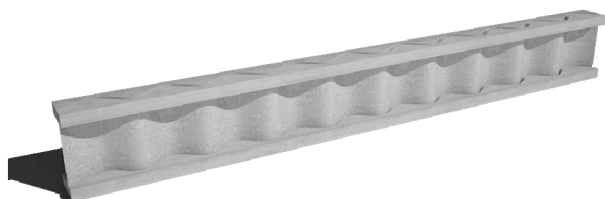


Рис.4. Комбинированная балка с волнистой металлической стенкой и поясами из древесины

Fig.4. Combined beam with corrugated metal web and flanges made of wood

Применяться балки рассматриваемой конструкции могут в качестве несущих элементов перекрытий и покрытий малоэтажных каркасных деревянных домов, для устройства мансард на существующих зданиях, а также в качестве опалубки при бетонировании перекрытий в монолитных домах. На данный момент рассматривается применение балок длиной до 9м.

К положительным сторонам данной балки относится легкость, высокая местная устойчивость волнистой стенки и особенно следует отметить отсутствие необходимости в дорогостоящем оборудовании для изготовления балки. Однако наличие мостика холода и необходимость в ручном труде для ее изготовления являются отрицательными сторонами.

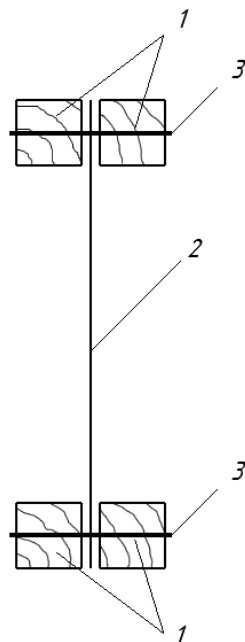


Рис.5. Поперечное сечение комбинированной балки на стальных нагелях.

- 1- деревянный брус
- 2- стальная волнистая стенка
- 3- нагель

Fig.5. Cross section of the combined beam with steel dowels

- 1- wooden flange
- 2- corrugated steel web
- 3- dowel

Нами были проведены исследования работы балки схожей конструкции, однако для упрощения, в качестве стенки использовался металлический профлист с высотой волны 20мм.

Изучение работы балки выполнялось тремя путями:

- анализом напряженно – деформированного состояния элементов составной балки на компьютерных моделях, созданных в ПК ЛИРА;
- экспериментальным исследованием напряженно-деформированного состояния элементов балки;
- анализом результатов расчета по существующим методикам [1,2,4,5,6] для данного типа конструкций.

Экспериментальное исследование образца балки длиной 2м проводилось по схеме указанной на рис.6. В ходе эксперимента разрушение балки наступило в результате потери общей устойчивости при нагрузке 1400 кг и максимальном прогибе – 13,8мм.

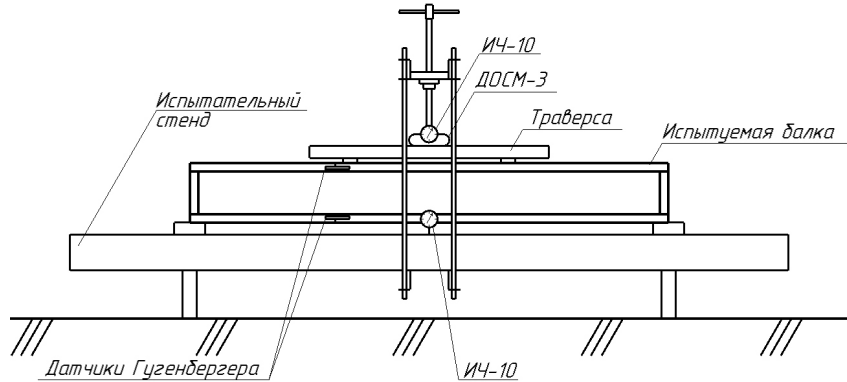


Рис.6. Схема проведения испытаний  
Fig.6. Scheme of testing

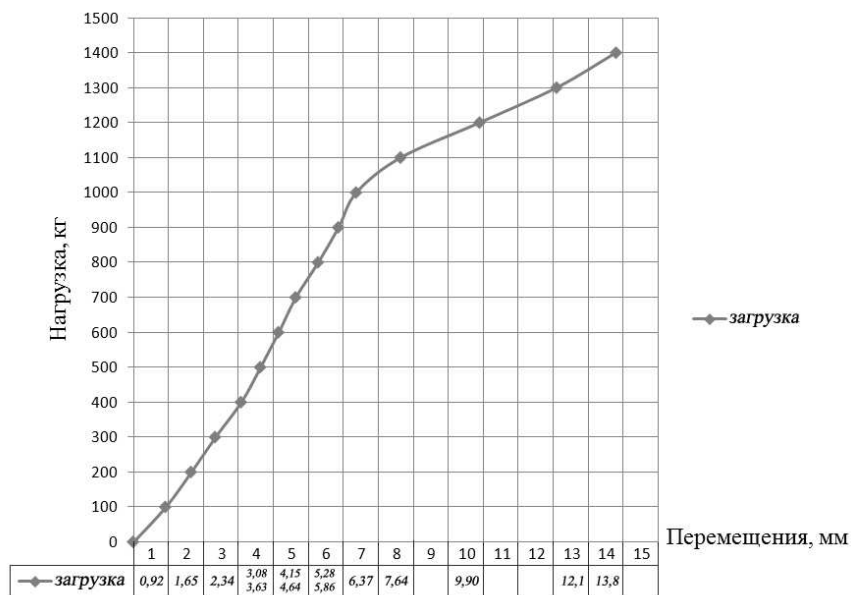


Рис.7. График прогиба балки  
Fig.7. Graph of beam deflection

Также, при сравнении максимальных значений нормальных и касательных напряжений, полученных в результате расчета по существующим методикам и расчета в ПК Ли́ра, с нелинейной постановкой задачи, были получены погрешности более 10%. Однако, в связи со схожестью графиков прогибов, полученных в результате эксперимента и расчета в ПК ЛИРА (рис.9, fig.9.), можно говорить о том, что расчет в ПК ЛИРА более точно описывает работу комбинированной балки на стальных нагелях, чем расчет по существующим методикам.

Таким образом, дальнейшей целью работы является разработка методики расчета комбинированных балок предложенной конструкции.

### ВЫВОДЫ

В работе был проведен обзор самых популярных конструктивных решений комбинированных балок применяемых на сегодняшний день в деревянном малоэтажном строительстве. Который показал, что у каждой конструкции есть свои недостатки, основным из которых является необходимость в

дорогостоящем оборудовании для их производства. В связи с этим предложена новая конструкция деревометаллической двутавровой балки на стальных нагелях.

Проведен расчет балки со стенкой из профлиста по существующим методикам расчета балок с гофрированной стенкой.

Построена расчетная компьютерная модель деревометаллической балки со стенкой из профлиста в ПК ЛИРА, и проведен анализ напряженно – деформированного состояния ее элементов.

Проведены натурные испытания балки на испытательном стенде. В результате которых определено, что разрушение балки наступает в результате потери общей устойчивости при нагрузке 1400 кг при прогибе 13,8мм.

Сравнительный анализ результатов показал, что расчет по существующим методикам балок схожей конструкции дает результат с большой погрешностью. Для получения более точных результатов, необходимо создавать компьютерную модель балки и выполнять ее расчет в ПК ЛИРА.

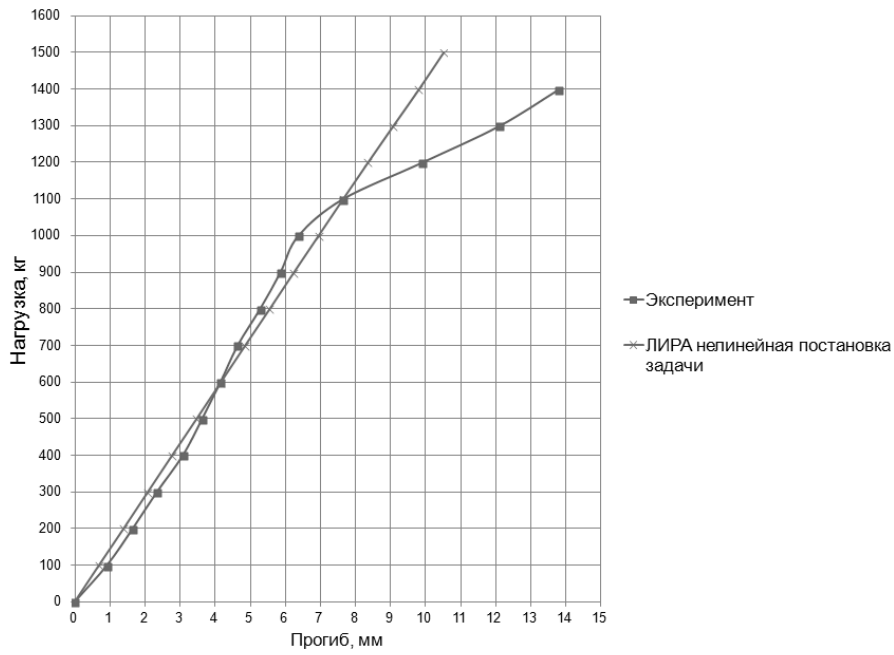


Рис.8. График прогиба балки по результатам эксперимента и расчета в ПК ЛИРА  
 Fig.8. Graph of beam deflection on results of experiment and calculation made in PC LIRA



Рис.9. Балка на испытательном стенде  
 Fig.9. Beam on the test stand

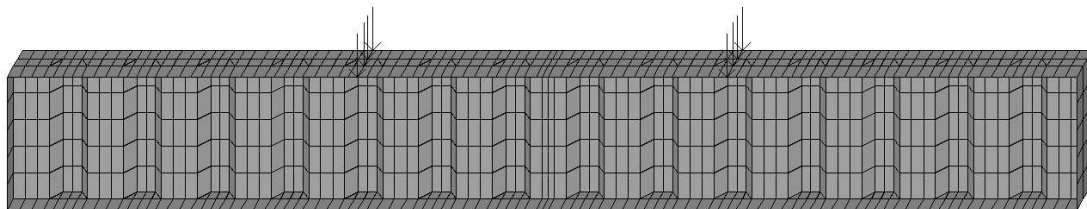


Рис.10. Модель балки выполненная в ПК ЛИРА  
 Fig.10. Model of the beam made in LIRA

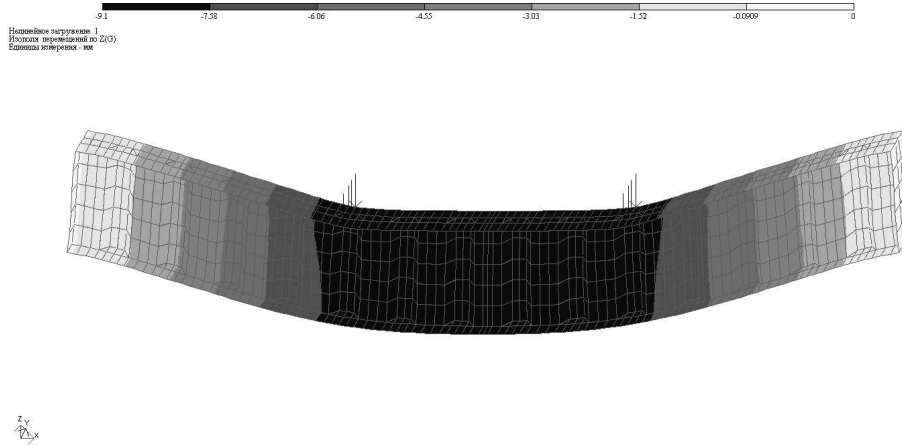


Рис.11. Изополя перемещений по оси Z балки с гофрированной стенкой выполненной в ПК ЛИРА  
Fig.11. Isofields of z axis movement of beam with corrugated web made in PC LIRA.

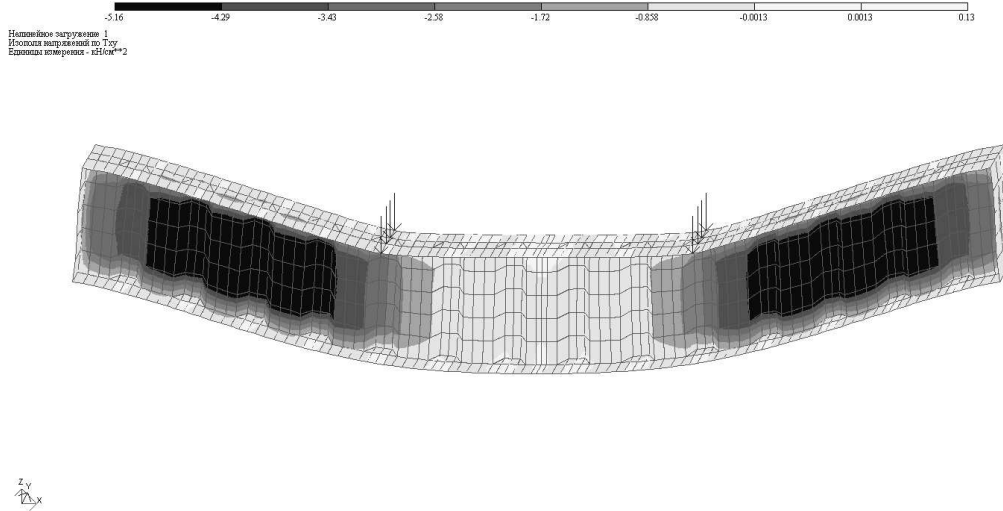


Рис.12. Изополя касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в балке  
Fig.12. Isofields of tangent tensions  $\tau_{xy}$  in the beam

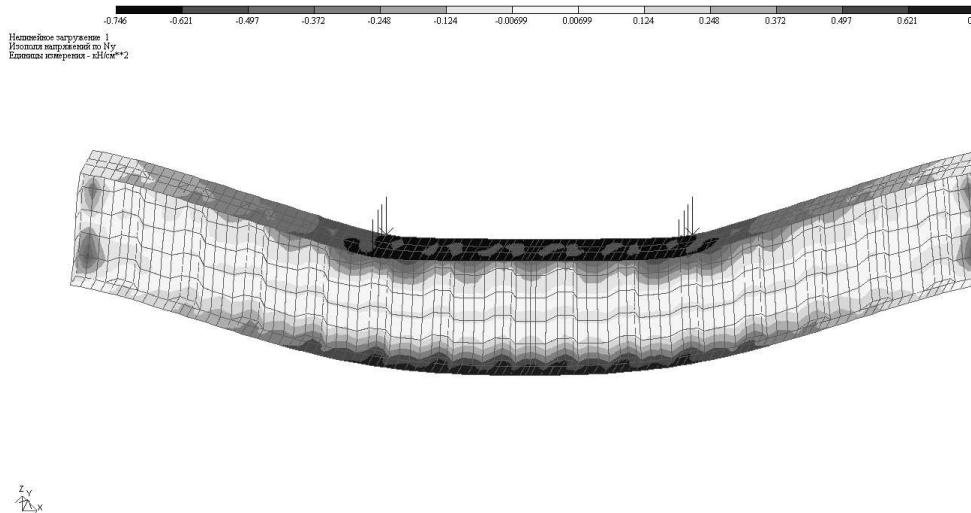


Рис.13. Изополя нормальных продольных напряжений  
Fig.13. Isofields of normal longitudinal tensions in the beam

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-25-80. 1983. Деревянные конструкции. Нормы проектирования/ Госстрой СССР.- М.: Стройиздат.-31..
2. СНиП II-23-81\*. 1990. Стальные конструкции. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, ДБН В.1.2-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. / Минстрой Украины.- К
3. Синцов А.В. 2012. К расчету составных деревянных двутавровых балок со стенкой из OSB и нагельными соединениями поясов со стенкой. Сб. научных трудов ОГАСА. Том 4 (16)..203.
4. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. / Минстрой Украины.- К.
5. Нилов О.О., Пермяков В.О., Шимановский О.В., Билык С.И., Лавриненко Л.И., Белов И.Д., Володимирский В.О. 2010. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів- Издание 2-е, переделанное и дополненное / Под общей редакцией О.О. Нилова и О.В. Шимановского. – К.: Видавництво «Сталь»,263-271.
6. Гринь И.М. 1975. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов. Проектирование и расчет. Издательское объединение «Вища школа», 36-38.
7. Беленя Е.И., Балдин В.А., Ведеников Г.С. и др. 1986. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов; Под общ. ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат., 4-15.
8. 23. Иванов В.Ф. 1956. Деревянные конструкции. Л.:Госстройиздат, . 4-18.
9. Тимошенко С.П. 1965. Сопротивление материалов, т.1 М.: Издательство «Наука», 364.
10. Ажермачев Г.А. 1963. Об устойчивости волнистой стенки при действии сосредоточенной нагрузки. //Строительство и архитектура. №3.
11. Ажермачев Г.А. 1968. Об устойчивости волнистых стенок двутавровых балок при действии касательных усилий. //Строительство и архитектура. №5. 44-46.
12. Ажермачев Г.А. 1969. Исследование сварных стальных балок с волнистыми стенками. Автореф. дис. на соик. уч. степ. канд. техн. наук. Новосибирск. НИСИ. 16 .
13. Карлсен Г.Г., Большаков В.В., Каган М.Е., Свенцицкий Г.В. 1952. Деревянные конструкции издание 2-е перераб.; Под редакцией Г.Г. Карлсена. М.: Государственное издательство литературы по строительству.
14. Ковалев В. 2010. Прочно, быстро, экономично (быстровозводимые конструкции междуэтажных перекрытий) // Идеи вашего дома. №4(138).
15. Кириленко В.Ф. 2009. Механическое оборудование и технологические линии по изготовлению деревофанерных балок. //«MOTROL» 11 А. Simferopol-Lublin. 183-190.
16. Синцов В.П., Кравчатая Ю.Ю., 2009. Комбинированные металлодеревянные плиты покрытия с обшивкой из OSB. //«MOTROL» 11А. Simferopol-Lublin..289-294.

APPLICATION OF COMPOSITE COMBINED BEAMS IN THE CONSTRUCTIONS OF LOW-RISE HOUSES

**Summary:** Were considered different types of the composite beams for construction of the wooden frame houses as well as were offered new construction combination of composite I-beam

**Key words:** wooden houses, beams, OSB, corrugated sheet, steel dowel