

УДК 692.5:691.4: 694

КОНСТРУКЦИИ ДЕРЕВОГРУНТОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ

САВИЦКИЙ Н. В.^{1*}, *д.т.н., проф.*,
НИКИФОРОВА Т. Д.², *к.т.н., доц.*,
ПЕРЕГИНЕЦ И. И.³, *к.т.н.*,
КУЗЬМИН Г. И.^{4*}, *асп.*

^{1*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0002-0688-2759

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

^{4*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (050) 867-30-32, e-mail: kuzminhi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5073-7778

Аннотация. Постановка проблемы. Уровень современных технологий позволяет возводить жилье с одной стороны обеспечивающее достойную человеческую жизнь и с другой стороны кардинально снижающее негативное воздействие на окружающую среду. Подобный тип жилья воплощается во множестве конструктивных решений. На сегодняшний день, наибольшим спросом пользуется деревянное каркасное домостроение ввиду его невысокой стоимости, экологичности, энергоэффективности, комфортабельности, а также, быстрых сроков возведения. Пространственная жесткость таких построек обеспечивается деревянным каркасом и перекрытиями, которые входят в систему горизонтальных связей конструкции дома, распределяя нагрузки по всему каркасу здания. К достоинствам деревянных перекрытий относятся: легкость, простота и быстрые сроки возведения, архитектурная выразительность. К недостаткам деревянных перекрытий относят: низкие звукоизоляционные свойства, без соответствующей защиты подвержены разрушительному действию домового грибка и насекомых, горючи, если на них не нанести соответствующее защитное средство, чувствительны к резким колебаниям влажности и температуры, обладают невысокими прочностными характеристиками. свойства, без соответствующей защиты обладают невысокими прочностными характеристиками. Существенные недостатки деревянных перекрытий наводят на поиск новых типов перекрытий для малоэтажного деревянного домостроения. Таким новым типом могут стать деревобетонные перекрытия. **Цель статьи.** Анализ существующих конструкций деревобетонных перекрытий с предложением нового конструктивного решения разработанного в Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры на базе исследовательской лаборатории при кафедре железобетонных и каменных конструкций. **Вывод.** На основании проведенного анализа предложен оптимальный вариант деревогрунтобетонного перекрытия для малоэтажных деревянных зданий.

Ключевые слова: деревогрунтобетонное перекрытие; деревянный каркас; малоэтажные здания; устойчивое развитие; пространственная жесткость

КОНСТРУКЦІЇ ДЕРЕВОГРУНТОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ ДЛЯ МАЛОПОВЕРХОВИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬ

САВИЦЬКИЙ М. В.^{1*}, *д.т.н., проф.*,
НІКІФОРОВА Т. Д.², *к.т.н., доц.*,
ПЕРЕГІНЕЦЬ І. І.³, *к.т.н.*,
КУЗЬМІН Г. І.^{4*}, *асп.*,

^{1*} Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0002-0688-2759

³ Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна

^{4*} Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (050) 867-30-32, e-mail: kuzminhi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5073-7778

Анотація. Постановка проблеми. Рівень сучасних технологій дозволяє будувати житло, яке з одного боку забезпечує гідне людське життя і з іншого боку кардинально знижує негативний вплив на навколишнє середовище. Подібний тип житла втілюється в безлічі конструктивних рішень. На сьогоднішній день, найбільшим попитом користується дерев'яне каркасне домобудівництво зважаючи на його невисоку вартість, екологічність, енергоефективність, комфортабельність, а також, швидкі терміни зведення. Просторова жорсткість таких будівель забезпечується дерев'яним каркасом і перекриттями, які входять в систему горизонтальних зв'язків конструкції будинку, розподіляючи навантаження по всьому каркасу будівлі. До переваг дерев'яних перекриттів відносять: легкість, простоту та швидкі терміни зведення, архітектурну виразність. До недоліків дерев'яних перекриттів відносять: низькі звукоізоляційні властивості, без відповідного захисту схильні до руйнівної дії домашнього грибка та комах, горючі, якщо на них не нанесити відповідне захисний засіб, чутливі до різких коливань вологості та температури, мають невисокі міцнісні характеристики. Істотні недоліки дерев'яних перекриттів наводять на пошук нових типів перекриттів для малоповерхового дерев'яного домобудівництва. Таким новим типом можуть стати деревобетонні перекриття. **Мета статті.** Аналіз існуючих конструкцій деревобетонних перекриттів з пропозицією нового конструктивного рішення розробленого в Придніпровській державній академії будівництва та архітектури на базі дослідної лабораторії при кафедрі залізобетонних та кам'яних конструкцій. **Висновок.** На підставі проведеного аналізу запропонований оптимальний варіант деревогрунтобетонного перекриття для малоповерхових дерев'яних будівель.

Ключові слова: деревогрунтобетонне перекриття; дерев'яний каркас; малоповерхові будівлі; сталий розвиток; просторова жорсткість

STRUCTURE OF TIMBER-SOIL CONCRETE COMPOSITE FLOORS FOR LOW-RISE WODEN BUIULDINGS

SAVYTSKYI M.V. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), prof.*,

NIKIFOROVA T.D. ², *Ph. D.*,

PEREGINETS I.I. ³, *Ph. D.*,

KUZMIN H. I. ^{4*}, *P. G.*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stoune Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

² Department of Reinforce-Concrete and Stoune Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-0688-2759

³ Department of Reinforce-Concrete and Stoune Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine

^{4*} Department of Reinforce-Concrete and Stoune Constructions, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (050) 867-30-32, e-mail: kuzminhi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5073-7778

Summary. Raising of problem. The level of modern technology allows to build dwelling which provides a decent human life and dramatically reduces the negative impact on the environment. This type of housing has many design solutions. Nowadays the wood-frame construction have a great demand due their low cost, low embodied energy, ecological compatibility, comfort and fast construction time. Spatial rigidity of such buildings provided by wooden frame as well as floors which are included in the design horizontal connections of building. The wood floors have following advantages: simplicity and fast time of erection, architectural expressiveness. The disadvantages of wooden floors include: low sound insulation properties, wood floors without adequate protection can be destroyed by insects and fungus brownie, wooden floors are combustible without appropriate protective agents, sensitive to sudden fluctuations of humidity and temperature, have low strength characteristics. Significant disadvantages of wooden floors lead to the search of the new types of overlapping for low-rise wooden buildings. An alternative approach that has gained more attention recently is timber-concrete composite floors. **Purpose.** Analysis of existing timber-soil concrete overlaps and proposing the new constructive solution of timber-soil concrete overlap wich was developed at Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture (Ukraine) at the Research Laboratory of the Department of concrete and masonry structures. **Conclusion.** Based on the analysis was proposed the best option of timber-soil concrete overlap for low-rise private buildings.

Keywords: soils concrete floor; timber frame; low-rise buildings; sustainable development; spatial rigidity

Постановка проблемы

Уровень современных технологий позволяет возводить жилье с одной стороны обеспечивающее достойную человеческую жизнь и с другой стороны кардинально снижающее негативное воздействие на окружающую среду. Подобный тип жилья воплощается во множестве конструктивных решений [4]. На сегодняшний день, наибольшим спросом пользуется деревянное каркасное домостроение ввиду его невысокой стоимости, экологичности, энергоэффективности, комфортабельности, а также, быстрых сроков возведения. Пространственная жесткость таких построек обеспечивается деревянным каркасом и перекрытиями, которые входят в систему горизонтальных связей конструкции дома, распределяя нагрузки по всему каркасу здания. К достоинствам деревянных перекрытий относятся: легкость, простота и быстрые сроки возведения, архитектурная выразительность. К недостаткам деревянных перекрытий относят: низкие звукоизоляционные свойства, без соответствующей защиты подвержены разрушительному действию домового грибка и насекомых, горючи, если на них не нанесено соответствующее защитное средство, чувствительны к резким колебаниям влажности и температуры, обладают невысокими прочностными характеристиками.

Существенные недостатки деревянных перекрытий наводят на поиск новых типов перекрытий для малоэтажного деревянного домостроения. Таким новым типом могут стать деревобетонные перекрытия.

Цель

Анализ существующих конструкций деревобетонных перекрытий с предложением нового конструктивного решения разработанного в Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры на базе исследовательской лаборатории при кафедре железобетонных и каменных конструкций.

Изложение основного материала

Деревобетон, как композиционная система, представляет собой конструктивное соединение двух материалов с присущими им различными физико-механическими свойствами [2]. Наиболее характерными в этой системе выступают две разновидности конструктивных элементов - балки и плиты, получившие в специальной технической литературе единый термин «деревобетон». Монолитные деревянные балки, армированные в растянутой зоне продольными деревянными стержнями по конструктивной аналогии с железобетонными. Составные композиционные элементы: деревянные балки в нижней ветви (растянутой зоне) и плиты в верхней ветви (сжатой зоне) из бетона, или железобетона. Аналогом для

составных балок и плит служат сталежелезобетонные конструкции.

Составные композиционные деревобетонные конструкции приобретают термин «деревожелезобетонные» в случае продольного армирования стальными стержнями верхней ветви - железобетонной плиты объединенной конструкции на длину расчетного пролета балки. Армирование железобетонной плиты составной конструкции в поперечном направлении обеспечивает ее работу на изгиб в пространстве между главными объединенными балками [1].

При такой конструкции перекрытия, сжимающие силы будут восприниматься железобетонной плитой, а растягивающие - деревянной балкой. К преимуществам такого типа перекрытий следует отнести: повышенные прочностные характеристики, звуко- и теплоизоляционные свойства, по сравнению с деревянными перекрытиями. К дополнительным преимуществам можно отнести архитектурную выразительность, возможность увеличения пролета балки, а также, расстояний между ними. К недостаткам следует отнести: способность экранировать электромагнитные излучения, которые негативно влияют на самочувствие человека, а также, повышенный вес и стоимость, по сравнению с деревянными перекрытиями.

На данный момент, технология изготовления деревобетонных перекрытий, в промышленных масштабах, еще не коснулась стран постсоветского пространства. А в странах Запада, в промышленных масштабах подобные типы перекрытий изготавливаются только для многоэтажных зданий. По этой причине, в обзоре будут рассмотрены деревобетонные перекрытия, изготавливаемые и применяемые в западных странах для многоэтажного строительства.

Деревожелезобетонные перекрытия НВУ-технологии

Данный вид перекрытий состоит из железобетонной плиты и деревянных балок (рис. 1), соединенных между собой непрерывной металлической сеткой (рис. 2). Также, на соединительные элементы укладывается арматура плиты. Таким образом, соединительные элементы перекрытия обеспечивают арматуре плиты проектное положение. Соединительный элемент представляет собой сетку высотой 80 мм, которая наполовину своей длины входит в балку, крепится посредством клеев, другая половина бетонируется. Класс применяемого бетона C20/25 по EN, класс по прочности клееной древесины балки варьируется в пределах GL 28 и GL32 [6, 9].

Размеры поперечного сечения балки 100x200 мм, длина 5,4 м, размеры плиты в плане 2,4x5,4 м, толщина 70 мм.

Достоинствами подобного конструктивного решения являются: небольшая стоимость, простота конструкции. Недостатками подобного

конструктивного решения являются: экранирование электромагнитного излучения, за счет использования арматуры в качестве армирующего материала, невозможность проведения коммуникаций поперек балок покрытия.

Деревожелезобетонные М-образные перекрытия

Данный вид перекрытий состоит из фанерного листа, сопряженного с деревянными балками при помощи глухарей. Поверх листов фанеры кладется арматура $\varnothing 10$ с шагом 200×200 мм и заливается бетоном. Таким образом, лист фанеры служит несъемной опалубкой. Размеры перекрытия в плане $2,4 \times 5,4$ м. Толщина железобетонной плиты 65 мм. Поперечное сечение балок 400×63 мм. Балки располагаются на расстоянии 1200 мм друг от друга (рис. 3) [11, 12, 13].



Рис. 1. Деревожелезобетонные плиты перекрытия, изготовленные по технологии HBV / Wood Concrete slabs produced by HBV technology

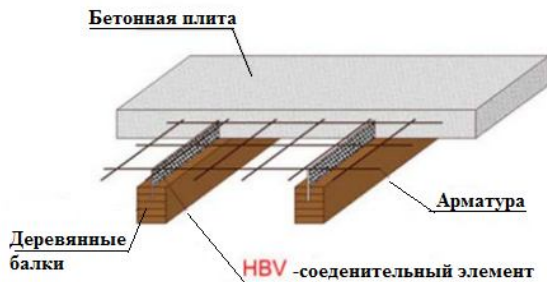


Рис. 2. Устройство деревожелезобетонного перекрытия HBV-технологии / The device wood reinforced concrete slab HBV technology

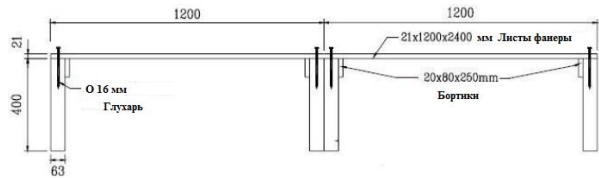


Рис. 3. Поперечное сечение М-образной панели / The cross section of the M-shaped panel

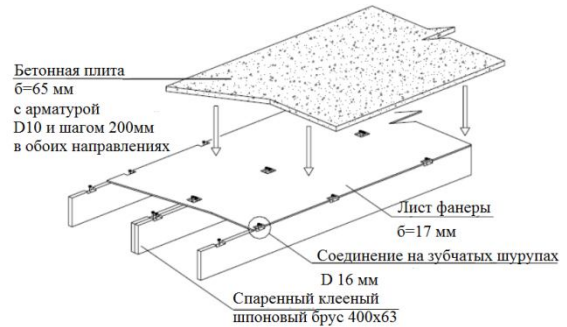


Рис. 4. М-образная панель с железобетонной плитой / M-shaped panel with reinforced concrete slab

Центральная часть М-образной панели состоит из двух балок. При установке М-образных элементов в проектное положение крайние балки соединяются между собой при помощи гвоздей, таким образом, создавая единую поверхность для литья бетона (рис. 4).

Возле каждого соединительного элемента, по обе стороны балок, устраиваются накладки $20 \times 50 \times 250$. Данные накладки предназначены устранять утечку бетона при отливке. Данное конструктивное решение позволяет применять пролеты до 10 м, ограничиваясь при этом 6-8 соединительными элементами на балку [8-10].

Достоинствами подобного конструктивного решения являются: небольшая стоимость, большая длина пролета, способность использовать небольшое количество соединительных элементов на одну балку, что значительно упрощает конструкцию.

Недостатками подобного конструктивного решения являются: экранирование электромагнитного излучения, за счет использования арматуры в качестве армирующего материала, невозможность проведения коммуникаций поперек балок покрытия [5, 7].

Деревожелезобетонные перекрытия системы SEPA-2000

SEPA-2000 – это финская технология, предложенная VTT Building Technology. Данная технология одобрена Финским Министерством охраны окружающей среды и предусматривает два проектных решения. Одним из таких решений является заливка цементного раствора на стройплощадке, другим – сборная конструкция. Вместо деревянных балок используются фермы, что уменьшает вес конструкции, а также позволяет провести коммуникации поперек пролета (рис. 5).

Бетонная плита сопрягается с деревянными фермами при помощи стальных стыковых накладок, прикрепляемых гвоздями. Длина пролета таких перекрытий может достигать 8 м (рис. 6).

Достоинствами подобного конструктивного решения являются: снижения собственного веса за счет использования ферм перекрытия, а также возможность проводить коммуникации поперек их. Недостатками подобного конструктивного решения являются: экранирование электромагнитного излучения, за счет использования арматуры в качестве армирующего материала, дороговизна.

В первых двух типах деревожелезобетонных перекрытий в качестве соединительных элементов, также, могут использоваться шурупы и гвозди [6, 9].

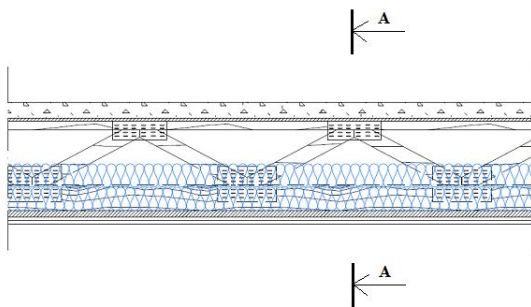


Рис. 5. Фермы в перекрытиях SEPA 2000 / Farms in the ceiling SEPA 2000

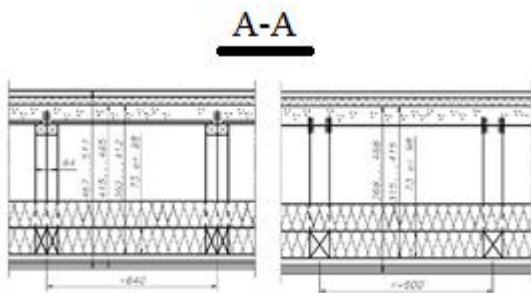


Рис. 6. Два варианта соединительных элементов предлагаемых производителем / Two variants of the connecting elements offered by the manufacturer

Новое конструктивное решение деревожелезобетонного перекрытия для малоэтажных деревянных зданий

В Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры на базе исследовательской лаборатории кафедры железобетонных и каменных конструкций разрабатывается новое конструктивное решение деревожелезобетонного перекрытия, предназначенное для малоэтажного деревянного домостроительства.

Разработка деревожелезобетонного перекрытия производится в увязке с концепцией устойчивого развития (экологического жилья). Таким образом, было принято решение заменить бетон, применяемый

в плите на грунтобетон, а в качестве армирующего материала использовать высушенную солому (рис. 7). Грунтобетон - строительный материал, получаемый полусухим способом из связных грунтов (глин, суглинков, супесей), минеральных вяжущих, воды и различных добавок [2]. Толщина плиты варьируется от 50 -80 мм. Шаг балок перекрытия варьируется от 400-500 мм. Балки перекрытия соединены между собой по верхней полке балки листом OSB, который служит как несъемная опалубка и как элемент армирования для грунтобетонной плиты. Также, балки перекрытия соединены по нижнему поясу листами OSB, которые служат для устройства теплоизоляции.

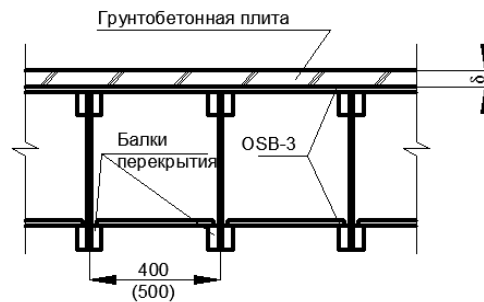


Рис. 7. Конструктивное решение деревожелезобетонного перекрытия / Constructive decision of wood ground concrete floor

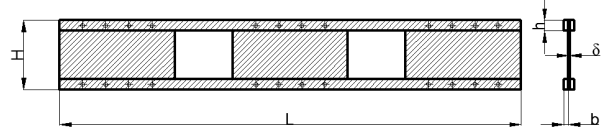


Рис. 8. Конструкция балки перекрытия / The design of floor beams

Подобные решения позволяют снизить вес конструкции перекрытия, и избавиться от эффекта экранирования электромагнитных излучений, исключив из нее арматуру [3]. Также, подобное решение обеспечивает высокую технико-экономическую эффективность и экологическую рациональность технологии, что способствует расширению сырьевой базы строительства в целом. Балки перекрытия, таврового сечения, изготавливаются из листов OSB-3 (стенка) и соснового бруса (полка), между собой соединяются гвоздями. Стенка балки перекрытия непостоянная по длине пролета и имеет промежутки в зависимости от эпюры изгибающих моментов. Подобное решение снижает расход используемого материала и позволяет проводить коммуникации поперек балок перекрытия (рис.8).

Выводы

На основании проведенного анализа был предложен оптимальный вариант деревожелезобетонного перекрытия для малоэтажных деревянных зданий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
/ REFERENCES

1. Абдрахманов И. С., Прочность и деформативность деревожелезобетонных изгибаемых элементов при статических и повторных нагружениях: автореф. дис... д-ра техн. наук.: 05.23.01/ Абдрахманов Идрис Сабирович ; Казанск. гос. арх.-строит. ун-т.. – Москва, 2009. - 419 с. – Библиогр.: С. 8-20.
Abdrahmanov I. S., Prochnost' i deformativnost' derevozhelezobetonnyh izgibaemyh elementov pri staticheskikh i povtornyh nagruzheniayah Dokt. Diss. [Strength and deformability of timber-concrete bent elements under static and repeated loading. Doct. Diss.]. Moscow, 2009. 419 p.
2. Аскалонов В. В. Здания и сооружения из цементогрунта/ В. В Аскалонов, А. Н Токин – Москва: Стройиздат, 1957. – 34 с.
Ascalonov V. V., Tonkin A. N. Zdaniya i sooruzheniya iz cementogrunta [Soil concrete buildings and structures]. Moscow, Strojizdat Publ., 1957. 34 p.
<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-enciklopedia-tehniki/275.htm>
3. Савицкий М. В. Технология грунтового экологичного будівництва /М. В. Савицкий, Н. В. Новиченко, Т. Д. Нікіфорова, Ю. Б. Бендерський // Строительство, материаловедение, машиностроение – 2013. – Вып. 68 – С. 349-355.
Savitskiy M. V., Novichenko N. V., Nikiforova T. D., Benderkiy Yu. B. Tehnologiya gruntovogo ekologichnogo budivnictva [Technology of eco-soil construction]. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie –Construction, materials science, engineering, 2013, issue 68, pp. 349-355.
http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/eco/archive/vipusk_68_2013.pdf
4. Тетиор А. Н. Устойчивое развитие города [Электронный ресурс]/ А. Н. Тетиор // Фонд «Развитие и окружающая среда» : электронный ресурс в науке, культуре и образовании LEAD CIS. -2012- (глава 8).
Tetior A. N. Ustojchivoe razvitie goroda: elektronnyj resurs v nauke, kul'ture i obrazovanii (Sustainable development of cities). Fond «Razvitie i okruzhayuschaya sreda» - Fund "Development and Environment", 2000, issue 8. Available at:
http://eprints.kname.edu.ua/12600/1/Монографія_2009_поз_25МН.pdf
5. Ceccotti A. Timber-Concrete Composite Structures. Timber Engineering STEP 2." 1st Edition Centrum Hout. The Netherlands, 1995, vol. 13, pp. 1-12.
6. Costa L. Evaluating of timber-concrete composite floors: thesis Ph. D./ Luca Costa. – L: Lund Universitet, 2010. – 189 p.
http://moodle.oa.edu.ua/file.php/1/Library_Standart_DSTU_GOST_7.1_2006.pdf
7. David Y., Andy B, Bruce D. Development of Semi-Prefabricated Timber-Concrete Composite Floors in Australasia. 10th World Conference on Timber Engineering. (2. 6-5. 6. 2010). Miyazaki, 2008,. pp 1-8.
http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/2641/1/12612971_Buchanan.pdf
8. Gutovski R. Investigation of notched composite wood-concrete connections. ASCE Journal of Structural Engineering, vol. 130, pp. 1553-1561.
http://www.researchgate.net/journal/0733-9445_Journal_of_Structural_Engineering
9. Manaridis A. Evaluating of timber-concrete composite floors: master thesis/ Andreas Manaridis. – L: Lund Universitet, 2010. – 122 p.
http://www.kstr.lth.se/fileadmin/kstr/pdf_files/Exjobb/TVBK-K-5000_pdf/TVBK-5187AMweb.pdf
10. Massimo F., Richard M., Jenö B. Long-Term Behaviour of Wood-Concrete Composite Beams with Notched Connection Publ., 2011, 8p.
http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/28/1/12603321_Main.pdf
11. Nilson T. M., Julio S., Elias A. N. Concerning timber-concrete panels and T-beams for rural bridges. The 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology, 2008, issue 2, pp. 1-11.
<http://www.swst.org/meetings/AM08/proceedings/WS-33.pdf>
12. Richard P., Digby S. Design and testing of a composite timber and concrete floor system. The Structural Engineer, 2006, issue 2, pp. 22-30.
http://www.smithandwallwork.com/wp-content/uploads/2012/06/IStructE_Timber_Concrete_Composite.pdf
13. Zainal A. A., David Y. Analytical Assessment for Comparisons of Triple-T Precast-Concrete-Timber Composite Floor using Gamma method. International Journal of Engineering Research and Applications, 2012, Vol.2.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.415.570>

Статья поступила в редколлегию 20.04.2015