

УДК 621.791, 624

И. М. Кузменко, В. М. Фридкин, С. Н. Марков, С. В. Богданов

КОМПОЗИТНЫЙ НЕСУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ – ОСНОВА СОЗДАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

UDC 621.791, 624

I. M. Kuzmenko, V. M. Fridkin, S. N. Markov, S. V. Bogdanov

COMPOSITE BEARING ELEMENT AS A BASIS FOR THE CREATION OF NEW CONSTRUCTIVE FORMS FOR STRUCTURES OF DIFFERENT PURPOSE

Аннотация

Изложены основные научные и практические результаты, полученные авторами при проведении исследований (с 1996 г.) нового конструктивного элемента, который используется в качестве базового при проектировании и строительстве долговечных и экономичных сооружений. Композитный несущий элемент строительных конструкций (КНЭСК) защищен патентами Республики Беларусь и Российской Федерации.

Ключевые слова:

композитный элемент, путепроводы, резервуары, сварочные технологии, монтаж конструкций.

Abstract

Basic scientific and practical results, obtained by the authors during the research into a new structural element (since 1996), used as a base element for designing and constructing durable and economically efficient structures are given. Composite bearing element of building structures (CBEBS) is protected by the patents of the Republic of Belarus and Russian Federation.

Key words:

composite component, over bridges, reservoirs, welding technologies, erection of structures.

Введение

В мировой строительной практике, в том числе и в Республике Беларусь, как правило, используются железобетонные или цельнометаллические конструкции. Широкое применение железобетонных компонентов в строительных конструкциях различного назначения является следствием ряда их преимуществ, а имеющееся многообразие – следствием постоянного поиска и совершенствования.

Разработка современных конструкций, обладающих высокой несущей способностью, надежностью работы, простотой изготовления и низкой стои-

мостью, а также методик их проектирования и расчета является сложной, требующей решения задач.

Кроме того, при проектировании конструкций недостаточно используются возможности, предоставляемые специалистами современными, высокоэффективными программными продуктами и вычислительной техникой.

Несущие элементы, например, строительных конструкций, традиционно выполняются из сборного железобетона: используется классическая композиция бетона и стержневой стальной арматуры. Хорошо также известны и недостатки таких конструкций. Они, с

одной стороны, связаны с фундаментальным недостатком бетона – неспособностью его воспринимать растяжение сколько-нибудь значительной величины. С другой стороны, широко применяемый в строительной практике стальной профилированный настил, имея малую толщину, требует подкрепления для повышения его жесткости.

Композитный несущий элемент строительных конструкций

Обобщение опыта проектирования и расчета железобетонных конструкций, а также применение современных методов и средств математического и физического моделирования позволило соз-

дать и исследовать новый конструктивный элемент: «композитный несущий элемент строительных конструкций (КНЭСК)» (рис. 1), а также предложить и применить в строительстве конструкции на его основе.

КНЭСК создан в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» в содружестве с Московским государственным университетом путей сообщения. Получены патенты Республики Беларусь и Российской Федерации [1, 2]. Изобретение носит базовый характер, достаточно широко представлено в печати [3–9] и в значительной степени свободно от указанных выше недостатков.

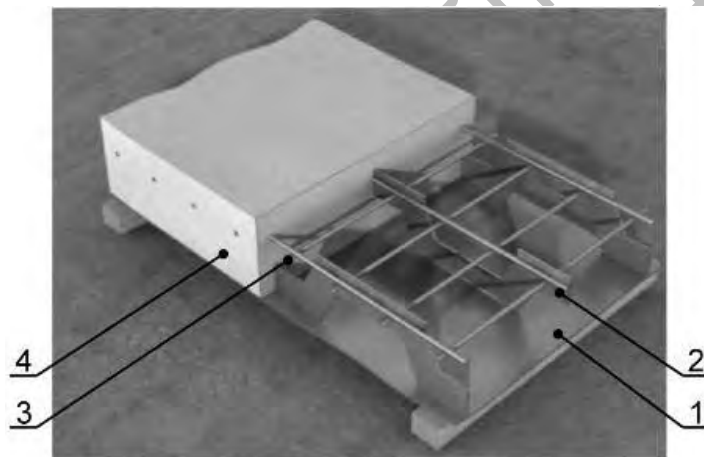


Рис. 1. Конструктивное исполнение КНЭСК

Основными элементами КНЭСК являются: стальной опорный лист 1, пластинчатая (фасонная) арматура 2, стержневая арматура 3, бетон 4. Фасонная арматура 2, лист 1 и бетон 4 определяют несущую способность композитного элемента, а стержневая арматура 3 выполняет монтажные функции и способствует сцеплению металлического каркаса с бетонным заполнителем.

КНЭСК обладает хорошей масштабируемостью и гибкостью в конструктивном плане, что определяет его широкое применение в строительных конструкциях различного назначения. Он об-

ладает достаточной несущей способностью для восприятия нагрузок при монтаже, а также от укладываемого бетона.

КНЭСК как элемент строительных конструкций должен удовлетворять ряду требований, определяющих эксплуатационно-экономическую эффективность его использования. Он должен быть технологичен в изготовлении, иметь высокую несущую способность и низкую стоимость. Ряд требований являются противоречивыми, вследствие чего конструктивно-технологическое исполнение КНЭСК должно производиться на основе взвешенного компромиссного

решения. Для его принятия необходимо иметь представление о степени влияния тех или иных параметров КНЭСК на эксплуатационно-экономические показатели сооружения.

Необходимо также учитывать и другие факторы, способствующие улучшению технико-экономических показателей не только самой конструкции, но и сопутствующих производственных процессов.

К основным преимуществам КНЭСК можно отнести:

- упрощение монтажа и уменьшение сроков строительства;
- снижение трудоемкости на многих этапах возведения и стоимости строительства за счет использования стального листа в качестве опалубки;
- увеличение срока эксплуатации сооружения;

- повышенное сцепление металлической и бетонной составляющих;
- высокую несущую способность;
- обеспечение разнообразия конструктивных форм сооружений на его основе;

– ряд других специфических особенностей конструкций из КНЭСК, не свойственных традиционным железобетонным конструкциям.

Наличие формообразующего листа обеспечивает требуемую прочность и несущую способность, взрыво- и пожароустойчивость, эксплуатацию в агрессивных средах, разрушающих бетон, герметичность конструкций и их соединений. Соотношения конструктивных особенностей КНЭСК, имеющих комбинаций и решаемых посредством их задач представлены в табл. 1.

Табл. 1. Конструктивные особенности композитных несущих элементов и решаемые задачи

Конструктивные особенности	Решаемая задача
1	2
Использование формообразующего листа	Большое разнообразие конструктивных форм. Обеспечение эксплуатации в агрессивных средах, разрушающих бетон. Обеспечение герметичности соединений вплоть до вакуума. Исключение разброса фрагментов и мелких частиц хрупкого бетона при ударных и взрывных нагрузках с противоположной стороны от их действия. Исключение растрескивания и откалывания бетона, носящего взрывной характер при пожарах и воздействии высоких температур
Использование комбинации стержневой и листовой арматур	Обеспечение дополнительного сцепления бетонного заполнителя с металлической компонентой
Использование комбинации формообразующего листа и листовой арматуры	Снижение трудоемкости и стоимости изготовления за счет использования стального листа и листовой арматуры в качестве несъемной опалубки. Снижение металлоемкости при обеспечении требуемой несущей способности по сравнению с металлическими конструкциями
Использование комбинации формообразующего листа, листовой и стержневой арматур совместно с бетонным заполнителем	Обеспечение высокой несущей способности при действии знакопеременных нагрузок. Повышение устойчивости к потере несущей способности за счет исключения возможности деформирования металлической компоненты как тонкостенной пластины. Возможность обеспечения сплошности заполнителя в пределах базового элемента. Обеспечение большей взрыво- и пожароустойчивости по сравнению с традиционными железобетонными конструкциями. Обеспечение эксплуатации в агрессивных средах, разрушающих металл.

Окончание табл. 1

1	2
	Удобство, простота монтажа и масштабируемости базовых элементов при возведении конструкций с большими пролетами
Система из нескольких КНЭ с монолитным бетонным заполнителем, изготовленных в заводских условиях и монтируемых посредством сварки без необходимости последующего бетонирования	Создание конструкций с требуемыми эксплуатационными и прочностными характеристиками. Отказ от мокрых технологий на монтаже. Создание конструкций с высоким уровнем заводской готовности. Сокращение сроков возведения конструкций. Высокий уровень индустриализации производства. Обширный спектр объектов применения

Широкое разнообразие возможных конструктивных форм и исполнений КНЭСК позволяет использовать его в качестве базового элемента для различных целей и конструкций с требуемыми свойствами, например, с высокими показателями сопротивления тепловым воздействиям, водонепроницаемости и герметичности, повышенными адгезионными свойствами или радиационным экранированием, либо создание быстровозводимых конструкций с теми же специфическими свойствами и т. д.

КНЭСК как базовые элементы для проектирования и возведения конструкций или укрупненных блоков конструкций с особыми свойствами и/или с высоким уровнем заводской готовности можно классифицировать по признакам исполнения, форме и области применения [10]. Широкий охват области применения обусловлен универсальностью используемого сочетания материалов и эффективностью их сочленения. Схема классификации по конструктивным формам представлена на рис. 2.

Примеры практического использования КНЭСК

Инновационный подход к решению проблем мостостроения с использованием КНЭСК в Республике Беларусь нашел поддержку ученых-мостостроителей Московского университета путей сообщения (МИИТ) и практиков – специалистов ОАО «Мостострой» (г. Минск), с кото-

рыми сотрудничает Белорусско-Российский университет.

Белорусско-Российский университет является патентообладателем базовых патентов № 4082 (РБ), 2181406 (РФ), 4352 (РБ), осуществляет проектирование и расчет конструктивных элементов из КНЭСК, а также монтажных узлов и транспортных модулей.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ) проводит экспертизу проектов, осуществляет научно-методическое сопровождение проектных работ. Основой научно-технического сотрудничества университетов является соглашение между МИИТ и Белорусско-Российским университетом, подписанное в июне 2009 г.

ОАО «Мостострой» ведет проектные работы, сопровождает строительномонтажные работы.

Впервые на базе КНЭСК в 2005 г. спроектирован и возведен пешеходный мост через реку Дубровенка в г. Могилеве (рис. 3).

В г. Минске, на пересечении с железнодорожными путями ст. Минск-Северный (от 1-го городского транспортного кольца – пр. Машерова до ул. Харьковской), в 2008 г. на основе лицензионного договора на право использования изобретения построен уникальный автодорожный путепровод. В качестве несущего элемента мостового полотна путепровода впервые в Республике Беларусь приняты сталежелезобе-

тонные плиты из КНЭСК в соответствии с патентом РБ № 4082. Путепровод

имеет длину 200 м и 6 полос движения (рис. 4).



Рис. 2. Классификация КНЭСК по конструктивным формам



Рис. 3. Мост через реку Дубровенка в г. Могилеве

а)



б)



Рис. 4. Фрагмент мостового полотна: а – общий вид; б – путепровод над железнодорожными путями ст. Минск-Северный

Ведутся строительно-монтажные работы на первой очереди путепровода над железнодорожными путями по ул. Полесской в г. Гомеле. В конструкции проезжей части также используются плиты на базе КНЭСК (рис. 5).

По мнению специалистов ОАО «Мостострой», применение КНЭСК в несущих конструкциях мостового по-

лотна автомобильного путепровода над ж.-д. станцией Минск-Северный имеет следующие преимущества:

- более безопасный процесс строительства в условиях ведения работ над действующими электрифицированными ж.-д. путями станции;
- ведение работ в любых погодных условиях, в том числе и в зимний

период, что ведет к сокращению сроков строительства;

- снижение трудозатрат на строительной площадке;
- меньшая, по сравнению с типо-

выми железобетонными конструкциями, строительная высота пролетных строений;

- большая, по сравнению с железобетонными конструкциями, долговечность мостового сооружения.

а)



б)



Рис. 5. Фрагмент мостового полотна: а – общий вид; б – первая очередь реконструкции путепровода по ул. Полесской в г. Гомеле (правая часть фото)

Важным аргументом при решении вопроса о целесообразности использования КНЭСК является экономическая эффективность. Ввиду того, что основной материал этого элемента – сталь, формально плиты на базе КНЭСК будут дороже традиционных железобетонных плит.

Рекламные материалы и макет КНЭСК постоянно демонстрируются на

различных форумах и выставках:

- Национальной выставке «Беларусь-ЭКСПО», Астана, Казахстан, сентябрь 2007 г.;
- 7-й Международной выставке «Белый город – Ашхабад», Туркменистан, апрель 2008 г.;
- Национальной выставке «Беларусь-ЭКСПО», Рига, Латвия, ноябрь 2008 г.;

- «Дни науки и технологий Республики Беларусь в Республике Корея», Сеул, декабрь 2008 г.;
- VIII и IX Московских международных салона инноваций и инвестиций (март 2008 г., август 2009 г.);
- выставке «БЕЛПРОМЭКСПО», Минск, май 2009 г.;
- выставке инновационных проектов, Санкт-Петербург, октябрь 2009 г.;
- XV Международном форуме

«Россия единая», Нижний Новгород, октябрь 2010 г.;

- Национальной выставке «Беларусь-ЭКСПО», Астана, Казахстан, сентябрь 2011 г.

В 2009 г. Белорусско-Российский университет за разработку «Композитный несущий элемент строительных конструкций» награжден золотой медалью IX Московского международного салона инноваций и инвестиций (рис. 6).



Рис. 6. Диплом и золотая медаль IX Московского международного салона инноваций и инвестиций

Перспективные направления применения композитных несущих элементов

В связи с перспективами развития атомной энергетики в Республике Беларусь одна из важнейших проблем, которую необходимо решить, – создание комплекса высоконадежных инженерных барьеров для обеспечения безопасности подземных АЭС и хранилищ радиоактивных отходов (РАО), в том числе высокоактивных (ВАО) и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Требуется также обеспечение достаточного уровня безопасности таких предприятий вследствие аварий. Необходимо учиты-

вать и возможность военного или террористического нападения, что может нанести не только большой материальный ущерб, но и приведет к экологической катастрофе.

Ведущими учеными России, в сотрудничестве с БРУ, предложены конструкции сталежелезобетонных оболочек на базе КНЭСК [11, 12], размещаемых внутри пространства ствола, создаваемого в зонах реакторов и хранилищ.

Обеспечивается полная герметизация пространства, окружаемого со всех сторон оболочками из КНЭСК. Такие оболочки могут быть с зазором вложены друг в друга, образуя высокопроч-

ный барьер любой необходимой степени долговременной защиты от радиации. Барьер в виде оболочки КНЭСК создает благоприятные условия для термодинамического рассеивания одностороннего локального теплового поля.

В бетонной части КНЭСК при бетонировании могут быть образованы специальные полости и каналы для размещения датчиков и оптоволоконных кабелей для передачи информации.

Использование распространенных технологий монолитного и сборно-монолитного возведения железобетонных сооружений, в том числе и на базе КНЭСК, ограничивается низким уровнем индустриализации технологии монтажа, временем твердения бетона, выполнения монтажных операций и временем достижения монтажными соединениями технологической прочности.

В Белорусско-Российском университете разработаны и исследованы варианты конструктивного исполнения монтажных стыков, обеспечивающих быстрый монтаж сваркой без использования «мокрых» процессов бетонирования [10]. Изготовление объемной сварной арматуры КНЭСК с листовой составляющей и последующее заполнение бетоном переносится в условия цеха. На этапе возведения осуществляется монтаж конструкций из укрупненных сегментов (модулей), изготовленных в заводских условиях, уже с бетонным компонентом.

Предложенные конструкции монтажных стыков со сварными соединениями для быстромонтируемых сегментов из КНЭСК обеспечивают достаточный уровень несущей способности, быстрый монтаж сваркой и готовность воспринимать эксплуатационные нагрузки сразу после их выполнения. В разы сокращаются сроки возведения. Возможность отказа от опалубочных и подпорных систем за счет монтажа уже готовых сегментов, способных воспринимать нагрузки как от собственного веса, так и от веса персонала, осуществ-

ляющего монтаж, позволяет сократить себестоимость монтажа и снизить дополнительные расходы, вызванные использованием опалубочных, подпорных систем и устройством объездных путей.

Перспективным направлением является, в частности, использование базовых элементов либо сегментов из КНЭСК в конструкциях вертикальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров [10, 13]. Резервуары с плоским днищем, со сферической, конической либо с разрезной крышами объемом до 100 тыс. м³ для хранения агрессивных нефтепродуктов или легковоспламеняющихся жидкостей и газов в данном случае рассматриваются как быстровозводимые сооружения.

Величина сегмента из КНЭСК ограничивается только грузоподъемностью оборудования для монтажа, транспортировки и изготовления секций, габаритными размерами производственного помещения и ожидаемого маршрута транспортировки. Использование крупногабаритных базовых элементов упрощает монтаж и избавляет от необходимости сварки листов большой толщины. Основная часть сварочных работ при возведении проводится только с внутренней стороны резервуара. Стены резервуаров, возведенных из КНЭСК, обладают повышенной пожаро- и взрывоустойчивостью. Бетонный заполнитель обеспечивает надежную защиту металлической компоненты от агрессивного воздействия атмосферы или изменений погодных условий, а формообразующий лист – герметичность и позволяет эксплуатировать резервуар в агрессивных средах, разрушающих бетон. Вследствие использования КНЭСК может быть снижена металлоемкость по сравнению с резервуарами других типов.

Использование КНЭСК также облегчает сооружение быстровозводимых антирадиационных и защитных укрытий, обеспечивающих защиту персонала, занятого монтажом, от опасного радиационного воздействия, минимально

возможную протяженность сварных швов и объем монтажных операций.

В ОАО «Институт «Могилевгражданпроект» завершено проектирование на стадии эскизного архитектурного проекта трассы «ул. Королева на участке от ул. Якубовского до проспекта Мира в г. Могилеве» [14]. Проект рассмотрен и утвержден Могилевским облисполкомом, находится на стадии согласования с заинтересованными организациями.

Строительство ул. Королева призвано, в соответствии с комплексной транспортной схемой развития пассажирского транспорта и магистрально-уличной сети города, кардинально улучшить экологическую обстановку в центральной части г. Могилева. Введение в эксплуатацию указанного объекта позволит окончательно сформировать внутригородскую магистраль с пропуском пассажирского и грузового транспорта.

При реализации данного проекта, кроме основной транспортной задачи, решаются задачи развития зоны отдыха в бассейне р. Дубровенка, воссоздания Карабановского водоема, градостроительного развития Северо-Западного района города Могилева с кратчайшей транспортно-пешеходной связью с центральной частью города.

К решению этой сложной инженерной задачи привлечены специалисты ряда проектных организаций Беларуси (ОАО «Мостострой», Могилевское отделение БЖД, АП «Промтранспроект, г. Минск), научные работники МИИТ и Белорусско-Российского университета.

Проектом предусмотрено 6-полосное движение по ул. Королева, строительство двух автодорожных, одного железнодорожного путепроводов, транспортных развязок, подземных пешеходных переходов и пешеходных мостов.

В проезжей части путепроводов будут применены КНЭСЖ. Путепроводы имеют шесть полос движения: путепровод над железной дорогой Киев – Санкт-Петербург – ул. Первомайская – террито-

рия завода «Строммашина» имеет длину более 600 м, путепровод от площади Победы до района МЖК – 150 м, радиусы скругления 250 и 400 м соответственно.

Плиты пролетных строений железнодорожного путепровода (проход ул. Левая Дубровенка) также будут выполнены из КНЭСЖ. Длина путепровода 70 м, расстояние между головкой рельса и полотном дороги 8,2 м. Проект строительства путепровода разработан совместно МИИТ и ОАО «Мостострой». Вместо общепринятого технического решения с устройством временного обходного пути предложено уникальное инженерное решение, что позволит значительно снизить стоимость строительства, сократить его продолжительность, обеспечить безопасность движения поездов в период проведения строительных работ. Предлагаемое решение обладает патентной чистотой.

Основные результаты научных исследований, проведенных в Белорусско-Российском университете и изложенных в статье, легли в основу двух подготовленных к защите кандидатских диссертаций.

К настоящему моменту по рассмотренной тематике опубликовано более 35 работ в различных изданиях Беларуси и России.

Заключение

1. Композитный несущий элемент строительных конструкций (КНЭСЖ), созданный в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», ввиду ряда конструктивных особенностей и преимуществ может быть эффективно использован в широкой гамме конструкций различного назначения, обладает достаточной несущей способностью для восприятия нагрузок при монтаже, а также от укладываемого бетона.

2. Положительный опыт творческого содружества ученых и практиков Российской Федерации и Республики Беларусь при проектировании и строительстве путепроводов с применением

КНЭСК, в том числе и на основе лицензионного договора на использование интеллектуальной собственности, позволит эффективно развивать перспективные направления в этой области.

3. Необходимо продолжение экспериментальных и теоретических исследований с целью определения критериев оценки прочности и несущей способности КНЭСК (с учетом особенностей сцепления арматуры с бетоном),

оптимизации конструктивных параметров в зависимости от назначения базовой конструкции, разработки быстровозводимых конструкций и сооружений, содержащих КНЭСК, и краевых монтажных узлов, соединяемых сваркой. Перспективным является также создание руководящих технологических материалов по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций из КНЭСК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 4082 РБ, МПК7 Е 04 С 2/28. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин [и др.] ; заявитель и патентообладатель Могилев. машиностр. ин-т. – № 970421 ; заявл. 29.07.97 ; опубл. 19.04.01, Бюл. № 3. – 3 с. : ил.
2. Пат. 2181406 РФ, МПК7 Е 01 Д 12/00, Е 04 С 2/24. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин [и др.] ; заявитель и патентообладатель Могилев. машиностр. ин-т. – № 97121947 ; заявл. 29.07.97 ; опубл. 20.04.02, Бюл. № 11. – 6 с. : ил.
3. Фридкин, В. М. Принципы формообразования в теории линейно-протяженных сооружений / В. М. Фридкин. – М. : Лада, 2006. – 512 с.
4. Новые направления в конструировании композиционных структур с высокой экономической эффективностью и несущей способностью / И. М. Кузменко [и др.] // Nové smery vo výrobných technológiách' 99 : сб. ст. IV Междунар. конф., Slovenská Republika, Prešov, 17–18 июня 1999 г. – С. 83–86.
5. Кузменко, И. М. Применение сварных несущих элементов в новых композитных строительных конструкциях / И. М. Кузменко, С. К. Павлюк, В. М. Фридкин // Сварочное производство. – 2003. – № 9. – С. 47–50.
6. Аспекты проектирования композитного несущего элемента средствами САПР / И. М. Кузменко [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2006. – № 4. – С. 198–202.
7. Анализ влияния параметров металлической составляющей композитного несущего элемента строительной конструкции на его несущую способность / И. М. Кузменко [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 157–166.
8. Кузменко, И. М. Воздействие нагрузок подвижного состава (НК-80 и А-11) на мостовое полотно пролетных строений, выполненных из КНЭСК / И. М. Кузменко, В. Н. Медведев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. – 2007. – № 12. – С. 63–67.
9. Иновационные конструктивные решения пролетных строений проезжей части мостов / И. М. Кузменко [и др.] // Автомобильные дороги и мосты. – 2008. – № 1. – С. 37–40.
10. Богданов, С. В. Использование композитных несущих элементов для быстровозводимых строительных конструкций, монтируемых сваркой / С. В. Богданов, С. К. Павлюк, И. М. Кузменко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 4. – С. 68–75.
11. Инженерно-экологические и конструктивно-технологические проблемы создания инженерных барьеров при долговременном хранении и окончательном захоронении отработавшего ядерного топлива в недрах Земли / В. М. Фридкин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюл. – 2005. – № 4. – С. 88–94.
12. Новые подходы к конструктивным решениям для создания подземных объектов атомной энергетики / О. Л. Кедровский [и др.] // Наука и технологии в промышленности. – 2009. – № 1. – С. 94–97.
13. Богданов, С. В. Области рационального применения композитных несущих элементов строительных конструкций по экономическим и прочностным показателям / С. В. Богданов, И. М. Кузменко // Строительная наука и техника. – 2011. – № 3.
14. Иновационные конструктивные решения инженерных сооружений по ул. Королева в г. Могилеве / В. М. Фридкин [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – Ч. 2. – С. 155.

LIST OF LITERATURE

1. **Pat. 4082 RB, МПК 7 E 04 C 2 / 28.** Composite bearing element of building structures / V. M. Fridkin [et al.] ; applicant for a patent and patent holder Mogilev machine-build. inst. – № 970421 ; appl. 29.07.97 ; published 19.04.01, Bul. № 3. – 3 p. : il.
2. **Pat. 2181406 RF, МПК 7 E 01 Д 12 / 00, E 04 C 2/24.** Composite bearing element of building structures / V. M. Fridkin [et al.] ; applicant for a patent and patent holder Mogilev machine-build. inst. – № 97121947 ; appl. 29.07.97 ; published. 20.04.02, Bul. № 11. – 6 p. : il.
3. **Fridkin, V. M.** Principles of forming in the theory of linear-stretched structures / V. M. Fridkin. – M. : Lad'ya, 2006. – 512 p.
4. New trends in designing composition structures with high economic efficiency and bearing capacity / I. M. Kuzmenko [et al.] // Nové smery vo výrobných technológiách' 99 : materials of IV Internat. conf., Slovenská Republika, Prešov, 17–18.06.1999. – P. 83–86.
5. **Kuzmenko, I. M.** Usage of welded bearing elements in new composite building structures / I. M. Kuzmenko, S. K. Pavlyuk, V. M. Fridkin // Welding engineering. – 2003. – № 9. – P. 47–50.
6. Aspects of CAD designing of composite bearing element / I. M. Kuzmenko [et al.] // Her. of the Belarus.-Rus. Un-ty. – 2006. – № 4. – P. 198–202.
7. Analysis of the influence of parameters of the metal constituent of composite bearing element of building structure upon its bearing capacity / I. M. Kuzmenko [et al.] // Her. of the Belarus.-Rus. Un-ty. – 2007. – № 1. – P. 157–166.
8. **Kuzmenko, I. M.** Effect of vehicle loads (NK-80 and A-11) on the floor of bridge superstructures made of CBEBS / I. M. Kuzmenko, V. N. Medvedev // Her. of the Polotsk State Un-ty. – 2007. – № 12. – P. 63–67.
9. Innovative engineering solutions of bridge spans of bridge carriageways / I. M. Kuzmenko [et al.] // Motorways and bridges. – 2008. – № 1. – P. 37–40.
10. **Bogdanov, S. V.** Usage of composite bearing elements for fast-erected building structures, mounted by welding / S. V. Bogdanov, S. K. Pavlyuk, I. M. Kuzmenko // Her. of the Belarus.-Rus. Un-ty. – 2009. – № 4. – P. 68–75.
11. Engineering-ecological and design-technological problems of creating engineering barriers for long-time storage and final burial of nuclear-wastes in the Earth interior / V. M. Fridkin [et al.] // Mining information-analytical bulletin. – 2005. – № 4. – P. 88–94.
12. New approaches to engineering solutions for underground facilities in nuclear power engineering / O. L. Kedrovsky [et al.] // Science and technologies in industry. – 2009. – № 1. – P. 94–97.
13. **Bogdanov, C. B.** Areas of rational usage of composite bearing elements of building structures according to economic and strength characteristics / S. V. Bogdanov, I. M. Kuzmenko // Construction science and technology. – 2011. – № 3.
14. Innovative design solutions of engineering structures built in Korolev st. in Mogilev / V. M. Fridkin [et al.] // Materials, equipment and recourse-saving technologies : materials of Internat. scient.-tech. conf. : in 2 p. – Mogilev : Belarus.-Rus. Un-ty, 2011. – P. 2. – P. 155.

LIST OF LITERATURE (TRANSLITERATION)

1. **Pat. 4082 RB, МПК 7 E 04 C 2 / 28.** Kompozitnyj nesushchij element stroitel'nykh konstruksij / V. M. Fridkin [i dr.] ; zayavitel' i patentoobladatel' Mogilev mashinostr. inst. – № 970421 ; zayavl. 29.07.97 ; opubl. 19.04.01, Bul. № 3. – 3 s. : il.
2. **Pat. 2181406 RF, МПК 7 E 01 Д 12 / 00, E 04 C 2 / 24.** Kompozitnij nesushchij element stroitel'nykh konstruksij / V. M. Fridkin [i dr.] ; zayavitel' i patentoobladatel' Mogilev mashinostr. inst. – № 97121947 ; zayavl. 29.07.97 ; opubl. 20.04.02, Bul. № 11. – 6 s. : il.
3. **Fridkin, V. M.** Printsipy formoobrazovaniya v teorii linejno-protyazhennykh sooruzhenij / V. M. Fridkin. – M. : Lad'ya, 2006. – 512 s.
4. Novye napravleniya v konstruirovanii kompozitsionnykh struktur s vysokoj ekonomicheskoj effektivnost'yu i nesushchej sposobnost'yu / I. M. Kuzmenko [i dr.] // Nové smery vo výrobných technológiách' 99 : sb. st. IV Mezhdunar. konf., Slovenská Republika, Prešov, 17–18.06.1999. – S. 83–86.
5. **Kuzmenko, I. M.** Primenenie svarnykh nesushchikh elementov v novykh kompozitnykh stroitel'nykh konstruksiyakh / I. M. Kuzmenko, S. K. Pavlyuk, V. M. Fridkin // Svarochnoe proizvodstvo. – 2003. – № 9. – S. 47–50.
6. Aspekty proektirovaniya kompozitnogo nesushchego elementa sredstvami SAPR / I. M. Kuzmenko [i dr.] // Vestn. Belarus.-Rus. Un-ty. – 2006. – № 4. – S. 198–202.

7. Analiz vliyaniya parametrov metallicheskoj sostavlyayushej kompozitnogo nesushchego elementa stroitel'noj konstruksii na ego nesuschuyu sposobnost' / I. M. Kuzmenko [i dr.] // Vestn. Belarus.-Ros. Un-ta. – 2007. – № 1. – S. 157–166.

8. **Kuzmenko, I. M.** Vozdejstvie nagruzok podvizhnogo sostava (NK-80 i A-11) na mostovoe polotno proletnykh stroenij, vypolnennykh iz KNESK / I. M. Kuzmenko, V. N. Medvedev // Vestn. Polotsk gos. un-ta. – 2007. – № 12. – S. 63–67.

9. Innovatsionnye konstruktivnye resheniya proletnykh stroenij proezzhej chasti mostov / I. M. Kuzmenko [i dr.] // Avtomobil'nye dorogi i mosty. – 2008. – № 1. – S. 37–40.

10. **Bogdanov, S. V.** Ispolzovanie kompozitnykh nesushchikh elementov dlya bystrovzvodimykh stroitel'nykh konstruksij, montiruyemykh svarkoj / S. V. Bogdanov, S. K. Pavlyuk, I. M. Kuzmenko // Vestn. Belarus.-Ros. Un-ta. – 2009. – № 4. – S. 68–75.

11. Inzhenerno-ekologicheskie i konstruktivno-tehnologicheskie problemy sozdaniya inzhenernykh bar'yerov pri dolgovremennom khranении i okonchatel'nom zakhoronenii otrabotavshogo yadernogo topliva v nedrah Zemli / V. M. Fridkin [i dr.] // Gorny informatsionno-analiticheskij bulleten'. – 2005. – № 4. – S. 88–94.

12. Novye podkhody k konstruktivnym resheniyam dlya sozdaniya podzemnykh ob'yektov atomnoj energetiki / O. L. Kedrovsky [i dr.] // Nauka i tekhnologii v promyshlennosti. – 2009. – № 1. – S. 94–97.

13. **Bogdanov, S. B.** Oblasti ratsional'nogo primeneniya kompozitnykh nesushchikh elementov stroitel'nykh konstruksij po ekonomicheskim i prochnostnym pokazatelyam / S. V. Bogdanov, I. M. Kuzmenko // Stroitel'naya nauka i tekhnika. – 2011. – № 3.

14. Innovatsionnye konstruktivnye resheniya inzhenernykh sooruzhenij po ul. Koroleva v g. Mogileve / V. M. Fridkin [i dr.] // Materialy, oborudovanie i resursosberegayushchie tekhnologii : materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. : v 2 ch. – Mogilev : BRU, 2011. – Ch. 2. – S. 155.

Статья сдана в редакцию 20 сентября 2011 года

Игорь Михайлович Кузменко, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. E-mail: kuzmenko_im43@mail.ru.

Владимир Мордухович Фридкин, д-р техн. наук, проф., Московский государственный университет путей сообщения.

Станислав Николаевич Марков, начальник проектного отдела ГИП ОАО «Мостострой».

Сергей Викторович Богданов, магистр техн. наук, аспирант, Белорусско-Российский университет.

Igor Mikhailovich Kuzmenko, PhD, Associate Professor, Belarusian-Russian University. E-mail: kuzmenko_imu3@mail.ru.

Vladimir Mordukhovich Fridkin, DSc, Professor, Moscow State University of Railway Engineering.

Stanislav Nikolayevich Markov, Head of the Design office of GIP ОАО «Mostostroi».

Sergey Viktorovich Bogdanov, PhD student, Belarusian-Russian University.