

УДК 624.01

**ПАРАДИГМА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Д-р техн. наук В. В. Савйовский, канд. техн. наук А. В. Савйовский

**ПАРАДИГМА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

Д-р техн. наук В. В. Савйовський, канд. техн. наук А. В. Савйовський

**PARADIGM SECURITY BUILDINGS AND FACILITIES**

Doct. of techn. sciences V.V. Savyovsky, cand. of techn. Sciences A.V. Savyovsky

*В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности и надежности эксплуатации зданий и сооружений. Существующая система проектирования и строительства в неполном объеме обеспечивает надежную работу зданий в целом при воздействии различных негативных влияний. К их числу относятся атмосферные воздействия, техногенная деятельность человека, аварии и прочее. В связи с этим осуществляется анализ вероятной необходимости создания новой парадигмы безопасности и надежности эксплуатации зданий. Предложены результаты исследований и отдельные технические решения, направленные на повышение надежности строительных конструкций зданий.*

**Ключевые слова:** эксплуатация зданий, безопасность, надежность, металлобетонные конструкции.

*У статті розглядаються питання забезпечення безпеки та надійності експлуатації будівель і споруд. Існуюча система проектування та будівництва в неповному обсязі забезпечує надійну роботу будівель у цілому при впливі різноманітних негативних явищ. До них належать атмосферні впливи, техногенна діяльність людини, аварії тощо. У зв'язку з цим здійснюється аналіз вірогідної необхідності створення нової парадигми безпеки та надійності експлуатації будівель. Запропоновано результати досліджень та окремі технічні рішення, спрямовані на підвищення надійності будівельних конструкцій будівель.*

**Ключові слова:** експлуатація будівель, безпека, надійність, металобетонні конструкції.

*The article deals with the safety and reliability of buildings and structures. The existing system design and construction is not enough to fully ensure reliable operation of the buildings as a whole, under the influence of various negative influences. These include atmospheric effects anthropogenic human activity, accidents and so on. In this context, it carried out analysis of the likely need for a new paradigm of security and reliability of the operation of buildings. Proposed research and individual technical solutions aimed at improving the reliability of building constructions.*

**Keywords:** building maintenance, security, reliability, metal-concrete constructions.

**Введение.** Современный уровень развития строительной отрасли привносит в практику новые строительные материалы, конструкции, машины и технологии. Это позволяет возводить как заглубленные, так и высотные здания и сооружения. Однако современные здания не обеспечивают людям безопасность и надежность пребывания в них. Техногенные, сейсмические и иные воздействия на здания приводят к их повреждениям и разрушениям. Это становится травмирующим фактором для людей. К примеру, в промышленности повышаются требования к безопасности и надежности различных производств, активизируются вопросы защиты экологии. Для этого на предприятиях устанавливаются различные системы безопасности, совершенствуются средства контроля или защиты, ограничивающие или исключающие вредные воздействия, выбросы и пр. Для обеспечения сохранности живой природы создаются заповедники, предпринимаются международные ограничения на использования ресурсов живой природы. Что же касается обеспечения безопасности человека в его среде обитания, делается немного. Главное в том, что сегодня человек не может чувствовать себя в безопасности в жилом, общественном или промышленном здании в случае каких-либо катаклизмов. Распространенное ранее понятие «мой дом – моя крепость» сегодня практически не обеспечивает человеку безопасность и комфорт. Древний человек и живые существа в природе в случае опасности стремятся и находят убежище и безопасность в своем жилище. Современный же человек этого себе позволить, к сожалению, не может [1, 2]. Надежность зданий и сооружений обеспечивается путем учета прочности, устойчивости и надежности при расчете конструкций в процессе разработки проектной документации. Безусловно, современные технологии проектирования зданий позволяют моделировать процессы

вероятной эксплуатации зданий с учетом чрезвычайных воздействий. Тем не менее это не обеспечивает надежной защиты человека в здании. Свидетельства тому – ряд печальных примеров разрушений зданий в результате природных катастроф, террористических атак и прочее. Исследование обозначенной проблемы и разработка новых подходов при обеспечении безопасности эксплуатации зданий является важной задачей, социальным вызовом на современном уровне цивилизации. Человечество рассматривает сегодня варианты колонизации Марса, хотя вопросы благоустройства Земли еще далеки от совершенства. В этой связи формирование новой парадигмы безопасной и надежной эксплуатации зданий и сооружений является порогом, указывающим направление развития градостроительства.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Исследования вопросов безопасной эксплуатации зданий базируется в основном на анализе уже случившихся повреждений и разрушений зданий и сооружений, аварий на объектах. К их числу можно отнести работы Физделя И.А., Шкинева А.Н. Отдельные вопросы обеспечения надежности зданий рассматривались в работах Гусакова А.А., перспективы продления жизненного цикла зданий отражены в работах Шутенко Л.А., Тяна Р.Б. и других ученых [3, 4, 5, 6, 7]. Вопросы комплексного обеспечения надежности и безопасности зданий отражены также зарубежными авторами. Однако они разделены на две группы. Первая группа – это создание и совершенствование «умного» дома, обеспечивающего повышенный комфорт и минимальное энергопотребление. Вторая группа представляет зачастую фантастические проекты жилья, изолированного от континентальной (устоявшейся) инфраструктуры [8, 9]. Вопросам практической реализации мероприятий по обеспечению безопасности

експлуатации зданий и сооружений с учетом современного уровня развития строительной отрасли и цивилизации в целом внимание уделено недостаточно.

**Цель статьи.** Анализ состояния вопроса, предложения новых подходов и разработка конкретных рекомендаций и решений, направленных на обеспечение надежной и безопасной эксплуатации зданий, сооружений. Это может стать формированием новой парадигмы: защищенности человека в среде обитания.

**Результаты исследований.** На современном этапе развития человеческого общества назрело острое требование к современным зданиям и сооружениям, заключающееся в том, что в условиях влияния на них чрезвычайных, разрушительных воздействий они (здания) должны защищать людей, а не становиться для них травмирующим фактором и угрозой для здоровья и жизни. Эту озабоченность подтверждают события последних лет, широко освещаемые средствами массовой информации. К числу печальных событий относятся разрушения зданий от воздействия стихийных и климатических природных воздействий. Это – землетрясения, сели, оползни, лавины, подтопление территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные или разрушительные воздействия на здания и сооружения. Серьезную угрозу человечеству создает сам человек в результате техногенной деятельности, а также возможных террористических актов. Вследствие этого люди остаются незащищенными в своих домах, офисах, общественных местах.

В промышленной сфере здания и сооружения оснащаются инженерными системами и коммуникациями контроля и безопасности: различные контрольно-измерительные и аналитические устройства, предотвращающие негативное влияние на людей от поражения электрическим током, отравления газами,

иными вредными средами или воздействиями. Тем не менее подходы к строениям практически неизменны. Основные строительные конструкции и материалы, из которых возводятся несущие и ограждающие строительные конструкции зданий и сооружений, а также основные технологические принципы укладки этих материалов и конструкций при строительстве, меняются достаточно медленно. На протяжении последних ста лет основными несущими строительными конструкциями остаются каменные природные и искусственные материалы, металлы и частично дерево. Касательно технологической схемы (последовательности) строительства сложилась вековая практика, при которой опирание и крепление основных строительных конструкций осуществляется «снизу – вверх». При этом вышележащие конструкции опираются на нижележащие и соответственно передают на них нагрузки. В данном случае многоэтажные, многоярусные конструкции передают нагрузки на нижележащие ярусы, как на свои фундаменты. Таким образом, получается, что каждый ярус, этаж является фундаментом последующего. Это значит, что в случае повреждения одного яруса, как правило, теряют свою устойчивость все вышележащие конструкции [1, 2]. В связи с выше изложенным возникает вопрос, а можно ли построить здание, в котором даже при повреждении участка одного из ярусов или звеньев остальные участки остались надежными и безопасными для дальнейшей эксплуатации и защиты людей, в них находящихся? Да, вероятность этого достаточно велика. В этом и заключается парадигма безопасности зданий и сооружений.

Одним из вариантов формирования новых принципов (парадигмы) безопасной и надежной эксплуатации зданий и сооружений может быть обеспечение дополнительных норм проектирования. Проектирование как новых зданий, так и

реконструкції или капитального ремонту существующих. Суть этого подхода заключается в том, чтобы при разработке проектных решений обеспечить следующие принципы:

- конструктивная схема здания должна обеспечивать передачу нагрузок не только на нижележащие конструкции, но и на расположенные рядом (сбоку) и выше. Это может быть обеспечено путем не только опирания на нижележащие конструкции, но и их дублирующей подвеской, аналогичной известным вантовым конструкциям. В этом случае при выходе из строя одного из составляющих несущих элементов общая устойчивость здания не изменится. Осуществление этого принципа является достаточно простым, глядя на пример детского конструктора «Лего»;

- применение для возведения зданий и сооружений, строительных конструкций, которые при разрушении и потере устойчивости существенно не меняли своей целостности. Примером нормативного обеспечения данного принципа может служить классификация строительных конструкций по огнестойкости, а именно одного из предельных состояний конструкции, как потеря целостности (E) [10]. Это могут быть комбинированные конструкции, сочетающие в себе комплекс различных свойств.

Примером данного подхода может служить применение нескольких вариантов комбинированных конструкций. Первый пример основан на совершенствовании применения одного из типов несущих строительных конструкций. В данном случае рассматривается использование одного из наиболее ответственных строительных конструкций – балок. Разработанная комбинированная металлобетонная балочная конструкция объединяет в себе свойства как металлических, так и железобетонных балок. Конструкция отличается от существующих аналогов тем, что в ней

используются экономичные металлические элементы армирования с высокими показателями момента инерции, устроенные в защитном слое из легкого бетона. Балочные конструкции большинства современных зданий и сооружений в практике строительства, ремонта и реконструкции зданий выполнены чаще всего из железобетона или металла. Широчайшее применение этих материалов предопределено их свойствами. Однако применение указанных конструкций часто ограничивается специфическими условиями выполнения строительно-монтажных и ремонтных работ, а также последующими условиями эксплуатации объекта или его отдельных конструкций. Особенно ярко выражаются данные особенности в условиях реконструкции зданий, носящие сегодня преобладающий характер в строительном комплексе страны, а также в цивилизованном мире. Применение сборных железобетонных конструкций требует использования грузоподъемных механизмов, обеспечение устройства монтажных проемов для установки конструкций. Кроме того, эти конструкции имеют существенную массу. Качественное стыкование конструкций практически невозможно.

Применение металлических конструкций позволяет укладывать конструкции поэлементно с их стыкованием. Металлические конструкции легки и эффективно работают на знакопеременные нагрузки. Такие конструкции технологичны, к ним можно стыковать различные конструкции, оборудование и прочее. Однако данные конструкции неустойчивы к воздействию высоких температур, то есть небезопасны в плане пожаростойкости, что требует принятия дополнительных мер по их защите.

Авторами данной статьи была предложена и запатентована комбинированная балочная металлобетонная конструкция [11]. Предложенная строительная

конструкція достатньо проста в изготовленні. Принципиальним в даній конструкції являється те, що в якості арматури використовуються металічні пластинчасті елементи складного сечення в вигляді «бимсового заліза» [12], які затворяються легким бетоном з ускорителями твердження. При изготовленні балочних металобетонних конструкцій арматура в вигляді вертикально установлених пластин устанавлюється в опалубку і укладається бетонна суміш. Після затвердження бетону, яке здійснюється в течение 12 годин в умовах позитивної температури  $+18^{\circ}\text{C}$ , конструкція готова.

Вертикальні пластини арматури забезпечують суттєвий момент інерції відносно осі абсцисс ( $x$ ). Відносно осі ординат ( $y$ ) жорсткість конструкції (достатньо високий момент інерції) забезпечується за рахунок спільної роботи звена пластин і жорсткої структури бетону. Можливий варіант пристрою армуючих елементів

і в взаємно перпендикулярних площинах. Для забезпечення спільної роботи металу і бетону в пластинах виконані отвори. На рисунку показана конструктивна схема одного з варіантів пристрою металобетонної балочної конструкції. Таким чином, в даній конструкції суміщені властивості металічних і залізобетонних балок. Метал приймає на себе навантаження від вигинаючих впливів, а бетон працює на стиснення, одночасно являючись захисним покриттям металу від дії корозії і високих температур при пожежі. Дані конструкція має високі теплоізоляційні властивості, конструкція легка і економічна [1].

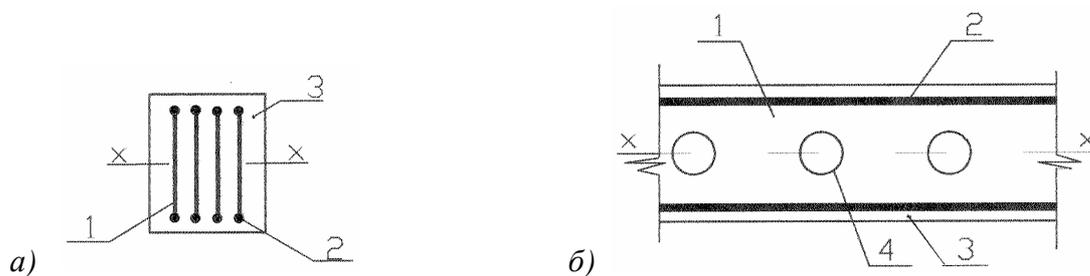


Рис. Конструктивна схема комбінованої металобетонної балочної конструкції:  
 а – поперечне сечення конструкції; б – фрагмент продовжого сечення конструкції;  
 1 – плоска металічна пластина 2 – додатковий металічний профіль (по типу «бимсового заліза»); 3 – легкий бетон; 4 – отвір в пластині

Для підтвердження вказаних висновків були проведені розрахунково-аналітичні дослідження технологічної і економічної ефективності використання металобетонної балочної конструкції. Вони базувалися на основі порівняльного аналізу відомих металічних, залізобетонних і

металобалочних конструкцій. В якості прикладу взяті аналоги з практики реконструкції і прийнята балка перекриття пролетом 6000,0 мм, що приймає повну рівномірно розподілену навантаження  $800,0 \text{ кгс/м}^2$ . В результаті розрахунків були визначені значення максимального вигинаючого моменту. На

основании полученных значений усилий в конструкциях были определены сечения, профили и армирование рассматриваемой номенклатуры конструкций, то есть выполнено их конструирование. По данным подобранных конструкций балок, выполненных из металла (стали), железобетона и металлобетона, проведен

анализ особенностей их изготовления и применения. Результаты полученных данных представлены в таблице.

Как свидетельствует данные таблицы, наиболее выгодное сочетание показателей оценки эффективности относится к комбинированной металлобетонной балочной конструкции.

Таблица

Сравнительный анализ применения различных балочных конструкций

	Показатель оценки применения	Вариант балочной конструкции		
		Стальная конструкция	Железобетонная конструкция	Металлобетонная конструкция
1.	Габаритные размеры	Двутавровая балка из прокатного профиля № 22	Балка сечением 250x350(h)x6400 мм	Балка сечением 200x300(h)x6400 мм
2.	Масса конструкции	144,0	1300,0	120,0
3.	Способ изготовления	Заводской	Заводской или на строительной площадке	Заводской или на строительной площадке
4.	Способ установки	Вручную, средства малой механизации	Монтаж	Вручную, средства малой механизации
5.	Мероприятия огнезащиты	Требуются	Не требуются	Не требуются
6.	Мероприятия антикоррозионной защиты	Требуются	Не требуются	Не требуются
7.	Время эксплуатации после изготовления	Без ограничений	Через 28 суток	Через 1 сутки

Одним из важнейших свойств технологичности балочных конструкций является варианты их опирания, а также временного и постоянного крепления. В условиях строительства и реконструкции существующих зданий и сооружений очень важным является крепление на болтовых соединениях, исключая использование сварки, аналогично монтажу части металлических конструкций [13]. Это предопределяет возможность обеспечивать сборность возводимых зданий по принципу «трансформера». Масса конструкций и

условия крепления с использованием данных конструкций в случае повреждений не приводила к обрушениям из-за подбоя. То есть в процессе вероятного обрушения конструкции сохраняли свою целостность.

Другим примером обеспечения целостности конструкций при их разрушении, повреждении или деформации является широкое использование в практике наружного (наклеиваемого) армирования. Так, в Киевском научно-исследовательском институте строительного производства (НИИСП) проводятся

исследования по испытанию сборных железобетонных конструкций, которые дополнительно армированы стеклохолстом [14]. Опыты показывают, что после хрупкого разрушения железобетонных балочных конструкций по достижении предельных значений нагрузок конструкция, разрушаясь, сохраняет свою целостность. Это значит, что конструкция, частично потеряв свою проектную форму, остается в положении, близком к проектному, и не обрушивается, тем самым не разрушает нижележащие конструкции. Результаты такого рода исследований являются весьма перспективными в обеспечении надежности конструкций. Предварительная оценка экономической составляющей этого вопроса указывает на незначительные материальные затраты [14]. Однако эффект безопасности людей в целом может быть неопределимо высоким.

На основании предложенного варианта комбинированных металлобетонных балочных конструкций, конструкций с дополнительным наклеенным армированием можно предложить целый ряд иных конструкций, в основе которых заложен указанный выше принцип. В перспективе это может дать возможность строить безопасные здания, которые под действием разрушительной силы стихии или иных воздействий могли бы разрушаться частично без полного обрушения отдельных участков или здания вообще. Возможно, предложенные конструкции станут частью нового подхода к строительству зданий, убежищ, отличающихся не только комфортом, но и безопасностью и надежностью на случай катаклизмов.

Еще одним из аспектов данной проблемы является биологическая составляющая комфорта (отсутствие фобий) человека в среде обитания. Эта сторона относится к социальной сфере жизнедеятельности человека, но тем не менее тоже важна. Многолетние наблюдения показывают, что люди комфортно и безопасно чувствуют себя (в

жилище) в уровне 2-го – 3-го этажей. На первом этаже не совсем комфортно из-за шума, боязни затоплений, загазованности и прочее. Что касается высоких (верхних) этажей, человек чувствует страх перед атмосферными осадками, молниями и прочее. Этот вывод способствует выработке определенного типа жилого здания, а именно 4-этажный дом с 1-м нежилым этажом и чердаком. Неужели цивилизованные страны не могут себе позволить строительство такого жилья?

**Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении.** Освещение указанного подхода к формированию парадигмы безопасной и надежной эксплуатации зданий и сооружений направлено на разработку несколько новых подходов в строительстве. Приведение отдельных практических примеров реализации указанных принципов позволяет сформулировать отдельные направления и задачи строительного комплекса в области обеспечения безопасности зданий. К числу этих задач относятся:

- применение легких промышленных комбинированных (в плане свойств прочности и безопасности) строительных материалов и конструкций. Материал указанных конструкций должен исключать их возможное хрупкое разрушение и целостность;

- опирание и крепление несущих и ограждающих строительных конструкций и материалов должны базироваться на основе устройства шарнирных (пластичных, подвижных) соединений, исключая хрупкое разрушение соединительных связевых элементов;

- дублирование устройства элементов опирания строительных конструкций по принципу как снизу-вверх, так и в стороны, а также вверх;

- создание среды обитания, свободной от фобий.

Решение данной проблемы требует проведения широкого комплекса

теоретических и лабораторных объединять усилия ученых и специалистов исследований. Для этого необходимо различных отраслей науки и практики.

### *Список использованных источников*

1. Савйовский, В. В. Безопасность и надежность эксплуатации современных зданий [Текст] / В.В. Савйовский // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Днепропетровск: ПГАСА, 2011. – № 11-12 (164-165). – С. 50-54.
2. Савйовский, В. В. Техническая диагностика строительных конструкций зданий [Текст] / В.В. Савйовский. – Харьков: Издательство „ФОРТ”, 2008. – 552 с.
3. Физдель, И. А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения [Текст] / И.А. Физдель. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.
4. Шкинев, А. Н. Аварии на строительных объектах, их причины и способы предупреждения [Текст] / А.Н. Шкинев. – М.: Стройиздат, 1976. – 375 с.
5. Шутенко, Л. Н. Технологические основы формирования и оптимизации Жизненного цикла городского жилого фонда (теория, практика, перспективы) [Текст] / Л.Н. Шутенко. – Харьков: Майдан, 2002. – 1054 с.
6. Тянь, Р. Б. Подовження життєвого циклу цивільних будинків підсилення з надбудовою та термореабілітацією [Текст] / Р.Б. Тянь, В.Т. Шаленний, І.Ф. Огданський, Р.Б. Папірник // Будівельні конструкції. – К., 2001. – Вип. 54. – С. 697-884.
7. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства [Текст] / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1974. – 252 с.
8. König, Holger; Kohler, Niklaus; Kreißig, Johannes; Lützkendorf, Thomas: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge. Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation. Edition Detail Green Books. – München, 2009. – 150 p.
9. Lenz, Bernhard; Schreiber, Jürgen; Stark, Thomas (2010): Nachhaltige Gebäudetechnik. Grundlagen, Systeme, Konzepte. München : Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation, Edition Detail Green Books und Kursbuch: Von der Energieeffizienz zur Nachhaltigkeit. Hrsg. v. Dorsch, Lutz; Jung, Ulrich. Bundesanzeiger, 2013. – 180 p.
10. ДБН В.1.1-7-2002. Пожарная безопасность объектов строительства [Текст]. – К.: Госстрой Украины, 2002. – 44 с.
11. Комбінована металево-бетонна балочна конструкція [Текст]: пат. №51121: МПК(2009); E04B 1/30; E04C 3/02; Заявник та патентовласник ХДТУБА. – №200900397; заявл. 20.01.2009; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 2 с.
12. НҮТТЕ Справочник для инженеров, техников и студентов [Текст] / пер. с нем.; под общ. ред. В.К. Запорожца, С.И. Курбатова, Лебедева, Н.Л. Мануйлова; ОНТИ НКТП СССР. – 15-е изд., испр. и доп. – М.-Л.: Главная редакция литературы по машиностроению и металлообработке, 1935. Т. 2. – 659 с.
13. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 42 с.
14. Проект производства работ по усилению фундамента турбоагрегата ПТ-60-130/13 ст. 15 филиала «Минская ТЭЦ-3» [Текст]. – К.: НИИСП, 2016. – 59 с.

---

Савйовський Володимир Вікторович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри Київського національного університету будівництва та архітектури. Тел: (044)2415550. E-mail: savyovsky@ukr.net.  
Савйовський Артем Володимирович, канд. техн. наук, старший науковий співробітник Науково-дослідного інституту будівельного виробництва (м. Київ). Тел: (044)2424725. E-mail: savyovsky@yahoo.com.

---

Savyovsky Vololymyr V., doct. of techn. sciences, professor, head of department Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: 044 2415550. E-mail:savyovsky@ukr.net.

Savyovsky Artem V., cand. of techn. sciences, leading engineer of Research Institute of construction industry. Tel.: 044 2424725. E-mail:savyovskyu@yahoo.com.

Стаття прийнята 01.11.2016 р.