

6. Рекомендации по проектированию структурных конструкций, ЦНИИСК им. Кучеренко, М. 1984.
7. Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. – 1966.
8. ДБН В. 2.6 163: 2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу //На заміну СНиП II. – 2011. – Т. 23. – №. 81. – С. 3-8.
9. DING, Y., LIN, W., & LI, Z. X. (2007). Non-stationary Random Seismic Analysis of Long-span Spatial Structures under Multi-support and Multi-dimensional Earthquake Excitations [J]. *Engineering Mechanics*, 3, 97-101.
10. Беленя Е.И. Металлические конструкции, издание 6-е. Москва, Стройиздат, 1986г.
11. Kneifel J. Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings //Energy and Buildings. – 2010. – Т. 42. – №. 3. – С. 333-340.
12. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Расчет пластин (издание второе, переработанное и дополненное). Киев: Издательство «Будівельник» – 1970. – 430 с.
13. Шмуклер В. С., Климов Ю. А., Бурак Н. П. Каркасные системы облегченного типа. – 2008.
14. Энгель Х. Несущие системы. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 344 с.

### **Суржан Є.О., Ващенко Ю.І. АНАЛІЗ ЕФЕКТУ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ У СКЛАДЧАТОМ ПОКРИТТІ СИСТЕМИ СТІСК.**

Виконана раціоналізація покриття системи СТІСК прямим чисельним методом. У результаті, завдяки поєднанню функцій елементів і оптимальному розташуванню опор, згідно із попередніми оцінками вдалось зменшити витрати металу. При цьому системі СТІСК вдалось зберегти усі позитивні риси. Оцінювався вплив форми конструкції на її напружено-деформований стан. У статті також частково торкаються теми управління конструкціями покриття.

**Ключові слова:** великопрольотні покриття, складчасті тонкостінні конструкції, структури, раціоналізація, пасивне керування конструкціями.

### **Surzhan Y., Vashchenko Y. INTERNAL FORCES REDISTRIBUTION EFFECT ANALYSIS OF STISK SYSTEM FOLDED STRUCTURE.**

The structural slab rationalization of the STISK system by a straightforward numerical method has been accomplished. Combination of elements functions and the optimal arrangement of the supports reduce consumption of the metal. The STISK system retained all its inherent positive qualities after optimization. Influence of the slab shape on a stress distribution was estimated. The article deals with the passive parameters control of structural slabs as well.

**Key words:** long-span structural slabs, folded thin-walled structures, structures, rationalization, passive control.

УДК 624.943

**Топоркова К.С.**

*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,  
(вул. Маршала Бажанова, 13, Харків, 61000, Україна; e-mail: tes290692@gmail.com)*

## **ЕФЕКТИВНЕ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННЕ ПЕРЕКРИТТЯ**

Розроблено ефективне сталезалізобетонне перекриття із застосуванням попередньо-напружених залізобетонних багатопустотних плит перекриття безопалубочного стендового формування. Розглядаються принципи формування та конструктивні особливості запропонованого перекриття. Визначені результати моделювання напружено-деформованого стану сталезалізобетонного диску перекриття. Наведені приклади зведених об'єктів із застосуванням запропонованого перекриття.

**Ключові слова:** сталезалізобетонний диск перекриття, попередньо-напружені плити безопалубочного формування, напружено-деформований стан диску перекриття.

### **Постановка проблеми.**

На сучасному етапі розвитку технологій розрахунку і проектування перекриттів, пріоритетним напрямком стає пошук нових, та удосконалення існуючих методів реалізації конструкцій. Інтенсивний зріст

нових конструктивних та технологічних розробок відкриває безмежні можливості для проектування та зведення об'єктів, що реалізовані одним із сучасних методів будівництва, однак, кожен із існуючих методів має значну кількість недоліків.

*НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА, Т. 89, №3, 2017*

Так, наприклад, більшість недоліків виготовлення монолітного перекриття пов'язані з характеристиками бетону, які залежно від сезону будівництва або несприятливих погодних умов вимагають додаткових людських та фінансових ресурсів, які в свою чергу істотно впливають на вартість та терміни виконання робіт. Сказане відображає одну з основних концепцій Р. Декарта, що зводиться до тези про те, що будь-яка економія в кінцевому результаті є економією часу. Крім того, процес бетонування дуже трудомісткий і витратний, при його застосуванні потрібна коштовна техніка для безперервної подачі бетонної суміші, її ущільнення і підігріву.

Поєднання елементів, різних за структурою, формою та іншими фізико-механічними характеристиками вдало реалізується в сталезалізобетонних конструкціях, головною особливістю яких є поєднання позитивних властивостей залізобетону і сталевих прокату для досягнення більш високих техніко-економічних показників. Основними перевагами цих конструкцій є зменшення витрат сталі, а відповідно і зниження собівартості конструкції; підвищення жорсткості; мінімізація ваги конструкції; простота вузлів з'єднання. Завдяки тому, що основні конструктивні елементи виготовляються на заводі, істотно зменшується тривалість збірки та монтажу основних конструкцій на будівельному майданчику, незалежно від погодних умов та сезону будівництва. Крім того, висока несуча здатність сталезалізобетонного перекриття дозволяє створювати каркаси з великим кроком основних несучих елементів.

Таким чином, створення нового ефективного перекриття, що поєднує в собі переваги залізобетону та сталі є досить затребуваним на сучасному ринку будівельних конструкцій.

#### **Аналіз досліджень і публікацій**

Застосування сталезалізобетону у будівництві об'єктів різного призначення та постійне вдосконалення їх властивостей за рахунок раціонального поєднання сталі та залізобетону розглядається у багатьох наукових дослідженнях, як в Україні, так і за її

межами. Проектування та розрахунок сталезалізобетонних конструкцій являє досить складну та трудомістку задачу, для вирішення якої необхідно враховувати механічні властивості матеріалу, специфіку роботи елементів конструкції під навантаженням, наявність допоміжних елементів для забезпечення спільної роботи системи в цілому [1, 2, 3]. Крім того, необхідно врахувати конструктивні та технологічні особливості поєднаних елементів, застосовуючи розрахункові моделі та програмно-обчислювальні комплекси, які дозволять коректно змоделювати конструкцію та вирішити завдання з достатньою для практичних цілей точністю.

Досить популярними у використанні є великопрогонові сегментні сталезалізобетонні покриття, розроблені Г.Д. Поповим, в основу яких покладено сталеві гратчасті ферми. Верхній пояс складається з двох сталевих швелерів, а всі інші елементи виконані з пучків високоміцного каната. Розтягування у всіх елементах решітки забезпечується формою нижнього пояса, опуклого вгору. На верхній пояс ферм укладені збірні залізобетонні плити, які утворюють звід, який завдяки жорстким упорам несе навантаження спільно з фермами [4].

У покрівлях промислових будівель, які складаються зі сталевих гратчастих стропильних ферм і залізобетонних плит, можливим є утворення ефективної сталезалізобетонної конструкції завдяки з'єднанню залізобетонних плит і сталевих стиснутих поясів. Таке рішення дає можливість передати на залізобетонні плити частину стискаючих зусиль, які діють у верхніх поясах ферм, при цьому зменшити вагу поясів майже вдвічі [5, 6].

Останнім часом набули широкого поширення монолітні залізобетонні плити по сталевому профільованому настилу. В цьому випадку профільований настил виконує багато функцій, в тому числі служить опалубкою при бетонуванні і несучою арматурою після затвердіння бетону. Ці конструкції мають високу несучу здатність, невелику власну вагу, допускають гнучке планування приміщень, прості при будівництві. Армвання цих плит може бути

тільки зовнішнім або змішаним. При змішаному армуванні застосовують сталевий профіль і внутрішню стрижневу арматуру. Важливим фактором є забезпечення сумісної роботи сталевих настилу і бетону. Необхідною є установка анкерних засобів на опорах [7].

В Україні накопичено певний досвід по дослідженню та впровадженню сталезалізобетонних конструкцій, що представлено у роботах вітчизняних вчених, таких як Л.І. Стороженко, Л.К.Лукша, Ф.Є.Клименко, Н.Н.Стрелецький, Е.Д.Чихладзе, А.М.Бамбура, А.И.Голоднов, К.А.Голоднов, А.П.Іванов, О.В.Кондратюк.

**Метою цієї статті** є створення нового конструктивного перекриття на основі вивчення особливостей спільної роботи сталевих елементів та залізобетонних плит.

**Виклад основного матеріалу**

Запропановане перекриття представляє собою сталезалізобетонний диск, що сполучає залізобетонні збірні попередньо-напружені багатопустотні плити безопалубочного формування та просторові арматурні каркаси, що встановлюються в проміжки між плитами із заповненням порожнеч дрібнозернистим бетоном на напружуючому цементі [8, 9] (рис.1).

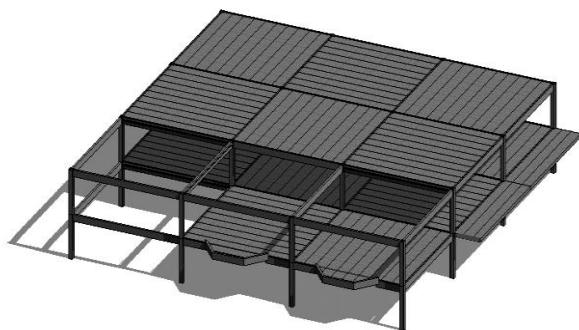


Рис. 1. Запропонована система перекриття

При цьому, залізобетонні збірні плити перекриття встановлюються у елементи, що представляють собою прокатні металеві куточки розташовані на відстані ширини плити. Куточки розвернуті стінками один до одного та приварені до ригеля. Дана система забезпечує фіксацію плити перекриття та не допускає ковзання плит.

Арматурні каркаси в свою чергу встановлюються в проміжки плит та закріплюються до куточків, в яких створені спеціальні отвори для арматурних стержнів. Проміжок між плитами перекриття заповнюється дрібнозернистим бетоном на напружуючому цементі. Однією з основних характеристик дрібнозернистого бетону є висока рухливість, що дозволяє заповнити порожнечу між плитами утворюючи монолітну вставку, що забезпечує спільну роботу диска перекриття [10].

Для зменшення навантаження на ригель, плити перекриття в суміжних комірках розгорнуті на 90°, що в свою чергу в 2 рази зменшує навантаження на ригель і безпосередньо встановлює розмір перерізу ригеля і, відповідно, формує його вагу [11] (рис. 2). Приведене рішення знаходить своє відображення у відомому афоризмі Р. Б. Фуллера: «Якщо ви хочете встановити ступінь досконалості будівлі - зважте її».

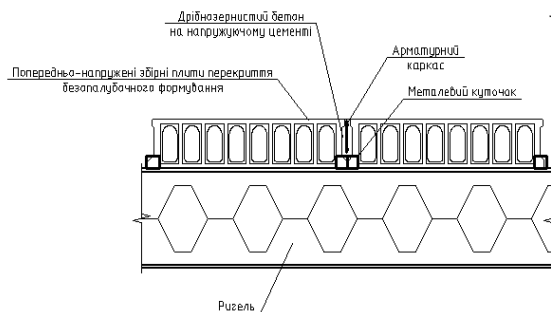


Рис. 2. З'єднання збірних плит з арматурними каркасами

До того ж, залізобетонні попередньо-напружені пустотні плити безопалубочного формування можуть мати різну довжину, а також без втрати міцності можуть бути розрізані поперек і під кутом до 45°, а так само вздовж [12]. Дане рішення відрізняється розвиненою комбінаторикою об'ємно-планувальних рішень, можливістю створення консолей в проектаних будівлях та спорудах.

Більш того, за рахунок застосування бетонів підвищеної міцності (С30/35 і вище) вдалося уникнути застосування робочої поперечної арматури і всіх видів конструктивної арматури, що значно здешевлює вартість плит.

Таким чином, сполучення збірних плит перекриття та арматурних стержнів представляє собою сталезалізобетонний диск перекриття, що опирається зовнішнім навантаженням як квазімонолітна система і забезпечує мінімізацію максимальних прогинів [13].

У порівнянні з монолітним залізобетонном, застосовуваним в останні роки, попереднє напруження, дана конструкція є менш витратною і контрольованою на всіх етапах технологічних процесів [14, 15].

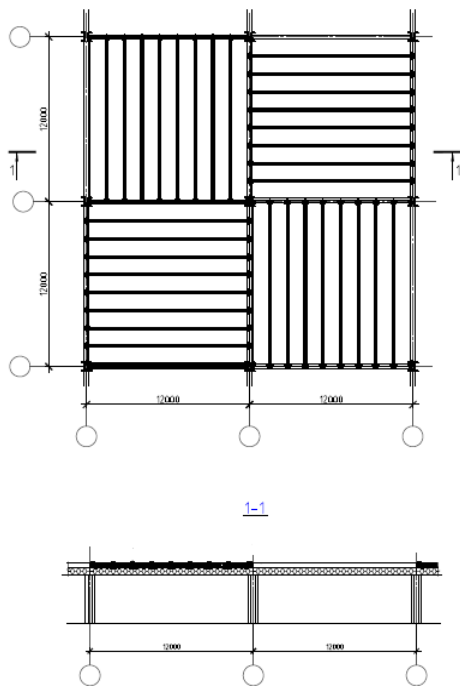


Рис.3. План та розріз по основним несучим елементам каркасу

Для аналізу напружено-деформованого стану сталезалізобетонного диска перекриття була створена модель та проведений розрахунок у програмному комплексі «ЛІРА». Сталезалізобетонний диск представляє собою збірні плити перекриття довжиною 12 м, шириною 1,2 м та висотою 0,3 м, що розвернуті в суміжних комірках на 90° та монолітні вставки поміж плитами. Крок основних несучих елементів складає 12 метрів у двох напрямках.

Всі навантаження були прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2: 2006 Навантаження і впливи [15]. Навантаження були обумовлені наступними складовими: навантаження: від ваги конструкцій, корисне навантаження та вітрове навантаження, яке

застосовувалося до торцевих сторін каркасу (рис. 4). Загальна вага конструкції складається з ваги металевого каркасу, сталезалізобетонного перекриття, зварювальних елементів та з'єднань. Навантаження від відсутніх елементів було враховано, прийнявши коефіцієнт 1,3 до загальної ваги металеві рами.

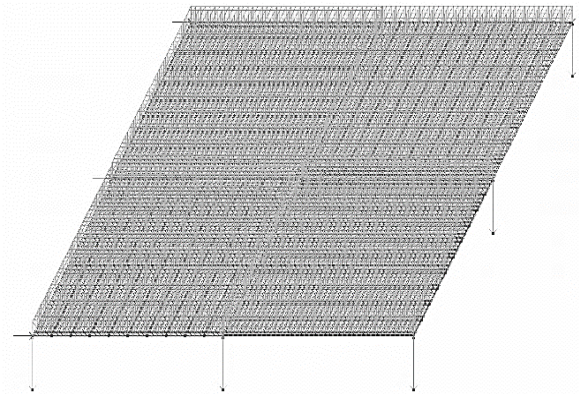


Рис. 4 . Система навантаження диска перекриття

Аналіз напружено-деформованого стану показує, що конструктивне напруження в структурних елементах не перевищує допустимих значень, а конструктивні деформації, що виникають в каркасі під дією навантажень, не перевищують дозволених відхилень (рис. 5).

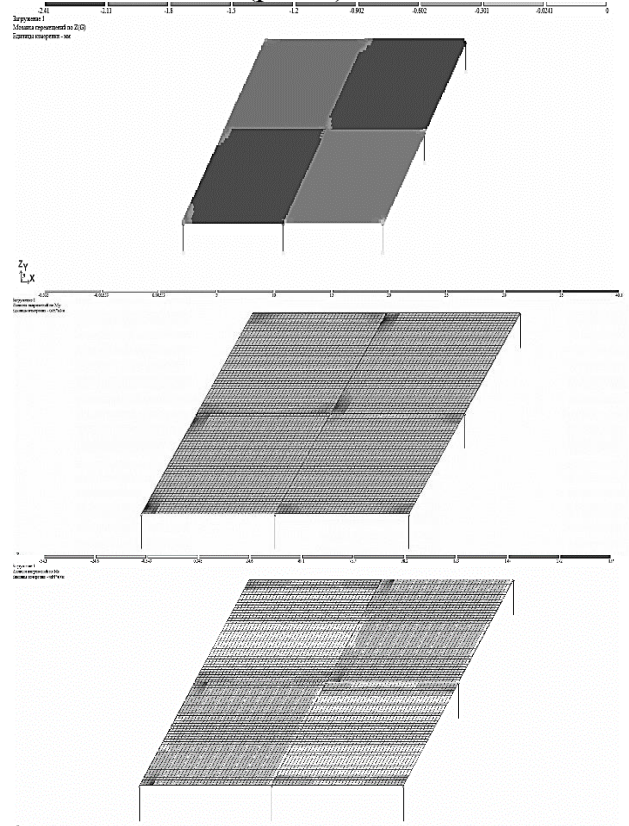


Рис. 5.  $M_x$ ,  $M_y$  та прогини в запропонованому диску перекриття під дією вертикального навантаження.

Сталезалізобетонні конструкції настільки ефективні і мають таку кількість переваг перед залізобетонними і сталевими, що їх сфера використання з кожним роком все більше розширюється. Приведена конструкція була впроваджена на будівельному майданчику при зведенні кондитерського цеху у місті Харкові (рис. 6).



Рис. 6. Впровадження сталезалізобетонного диску у будівництво

## Висновки

Аналіз запропонованого сталезалізобетонного диску перекриття, його конструктивні переваги та особливості роботи, а також управління напружено-деформованим станом дозволило створити конструкцію, в якій можна не тільки мінімізувати витрати матеріалів, але і при цьому скоротити строки будівництва, зменшити трудомісткість за рахунок використання матеріалів високої заводської готовності, а також швидкої збірки та монтажу всіх технологічних процесів. Дані переваги запропонованого рішення визначають необхідність подальшої апробації конструкції на будівельному майданчику та повноцінного впровадження в будівельну галузь.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. ДБН В.2.6-160: 2010 // Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення Мінбуд України-К. - 2010
2. Johnson R. P., Anderson D. Designers' Guide to EN 1994-1-1: Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures. General Rules and Rules for Buildings. - Thomas Telford, 2004.
3. Стороженко Л. І. Проблеми створення та проектування сталезалізобетонних конструкцій // Будівельні конструкції. - 2013. - №. 78 (1). - С. 129-136.
4. Цей В. А., Дарієнко В. В. Історія виникнення і практика застосування сталезалізобетонних

конструкцій для об'єктів дорожнього та цивільного будівництва // Модернізація і наукові дослідження в транспортному комплексі. - 2014. - Т. 1. - С. 467-470.

5. Гасій Г. М. Проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій покриття // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація.-К. : НДІБК. - 2008. - С. 269-277.
6. Крупченко О. А. Напружено-деформований стан та міцність сталезалізобетонних двотаврових балок із залізобетонним верхнім поясом: дис. - ОА Крупченко.-Полтава: ПолтНТУ, 2008.-197 с, 2008.
7. Козар В. І. Монолітні залізобетонні плити по сталевому профільованому настилу // ступенів канд. техн. наук. - 1999.
8. Шмуклер В. С. та ін. Особливості впровадження залізобетонних багатопустотних попередньо напружених плит перекриттів безопалубочного стендового формування // Коммунальное хозяйство городов. - 2014. - №. 114. - С. 22-31.
9. Kirsch U. Optimum design of prestressed plates // Journal of the Structural Division. - 1973. - Т. 99. - №. 6. - С. 1075-1090.
10. Батраков В. Г. Модифіковані бетони // Теорія і практика. - 1998. - Т. 2.
11. Шмуклер В. С., Климов Ю. А., Бурак Н. П. Каркасні системи полегшеного типу. - 2008.
12. Лапенко О., Тимошенко В. Утворення конструкцій покриття із сталезалізобетонних елементів // Проблеми розвитку міського середовища. - 2014. - №. 2. - С. 76-82.
13. Шмуклер В. С. Спеціальні конструктивні системи для зведення житлових будинків // Коммунальное хозяйство городов. - 2002. - №. 42. - С. 34-58.
14. Narayanan R. (ed.). Steel-concrete composite structures. - CRC Press, 1988. - Т. 7.
15. Бамбура А. М. та ін. Нове в проектуванні залізобетонних та сталезалізобетонних конструкцій // Будівельні конструкції. - 2013. - №. 78 (1). - С. 3-13.
16. ДБН В. 1.2-2: 2006 // Навантаження і впливи. Мінбуд України-К. - 2006.

## Топоркова Е.С. ЭФФЕКТИВНОЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ

Разработан эффективный сталежелезобетонный диск перекрытия с применением предварительнонапряженных железобетонных многопустотных плит безопалубочного формирования. Рассматриваются принципы формирования и конструктивные особенности предлагаемого перекрытия. Определены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных диска перекрытия. Приведенные примеры возведенных объектов с применением предложенного перекрытия.

**Ключевые слова:** сталежелезобетонный диск перекрытия, предварительно-напряженные плиты безопалубочного формования, напряженно-деформированное состояние диска перекрытия

**Toporkova K.S. EFFECTIVE STEEL-CONCRETE OVERLAPPING**

The effective block of overlapping with application prestressed reinforced concrete multi-hollow floor slabs formed without timbering is developed. The principles

of formation and design features of the offered overlapping are considered. Results of modeling of the intense deformed state the steel concrete block of overlapping are defined. Examples of the built objects with application of the offered overlapping are given.

**Keywords:** steel-concrete block of overlapping, prestressed reinforced concrete multi-hollow floor slabs formed without timbering, the intense deformed condition of a block of overlapping.

УДК 69.059

**Чибаров Д.В.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: daniilchibarov@gmail.com)*

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ ХАРЬКОВЕ**

В статье описываются основные факторы, влияющие на долговечность строительных материалов и основных несущих и ограждающих конструкций зданий и причины их возникновения старой застройки города Харькова.

**Ключевые слова:** историческое здание, строительные материалы и конструкции, факторы, долговечность, дефекты, разрушение, коррозия, агрессивная среда.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.** Обеспечение долговечности строительных конструкций и материалов является одной из основных проблем повышения эффективности реконструкции зданий имеющих историческую ценность. Знание причин и механизма разрушения различных материалов во время эксплуатации здания даёт возможность грамотно и эффективно осуществлять меры защиты и повышения долговечности строительных конструкций и изделий.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Отечественный и зарубежный опыт в диагностике дефектов и повреждений строительных конструкций зданий описан в работах Гроздова В.Т. [1], Добромыслова А.Н. [2], Гучкина И.С. [3]. Вопросы долговечности строительных конструкций и материалов посвящены работы Шишкановой В.Н. [4], Калинина В.М. [5]. Вопросы обследования зданий и сооружений рассмотрены в работах Куликова А.Н. [6], Порядко В.Н. [7], Козачка В.Г. [8].

**Определение цели и задачи исследования.** Целью исследования является

определение факторов, влияющих на долговечность и несущую способность исторических зданий, и изучение причин разрушения основных несущих и ограждающих строительных конструкций и материалов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и анализ технической документации.
2. Выполнение натурного обследования и инструментального исследования несущих и ограждающих конструкций здания.
3. Определение и исследование факторов, влияющих на долговечность и несущую способность конструкций здания.

**Основная часть исследования.** Предэксплуатационный период является важнейшим фактором, влияющим на долговечность исторических зданий. Большинство этих зданий строились в 19-20 веке, поэтому качественные показатели готовых строительных материалов и конструкций, приобретаемые в результате технологической переработки сырья, служили