

УДК 69.059.3

С. В. КОЖЕМЯКА, А. В. КРУПЕНЧЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Аннотация. Для усиления конструкций применяют методы, разработанные исходя из технической целесообразности и экономичности и обеспечивающие безопасную эксплуатацию. В статье рассмотрены наиболее распространенные методы усиления многпустотных и монолитных железобетонных плит перекрытия. Представлен альтернативный метод усиления плит железобетонных перекрытий, его преимущества и недостатки. Описаны технология, преимущества и недостатки метода внешнего армирования на основе композитных материалов. В ходе исследования проводилось сравнение вариантов усиления по следующим показателям локальных смет: трудоемкость устройства усиления, сметная стоимость, заработная плата рабочих, стоимость материалов, изделий и конструкций. На основании технико-экономических показателей в результате сравнения вариантов усиления плит перекрытия (при равных условиях) сделан вывод о наиболее экономичном виде усиления.

Ключевые слова: усиление, торкретирование, композитные материалы, углеродное волокно, холст, ламинаты, адгезив, армирование железобетонных конструкций.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Усиление конструкций зданий является одной из наиболее актуальных задач в строительстве. Причем усиления могут требовать как эксплуатируемые здания (по причине естественного износа), так и совершенно новые. Наиболее распространенными причинами усиления зданий из железобетона являются [1]:

- реконструкция и/или перепланировка зданий;
- ошибки проектирования;
- нарушения технологии строительства;
- снижение фактической прочности бетона;
- разрушение бетона, вызванное пожаром;
- повышение несущих нагрузок;
- усадочные и силовые трещины;
- ранняя распушка и другие.

Главными требованиями, предъявляемые к разрабатываемым техническим решениям по усилению строительных конструкций, являются требования надежного восстановления или увеличения несущей способности конструкций, безопасной эксплуатации, минимизации стоимости, трудоемкости и продолжительности работ по усилению конструкций, использования наиболее доступных материалов, возможности продолжения эксплуатации здания в период производства работ и т. д.

Поэтому для усиления строительных конструкций следует применять методы, разработанные исходя из технической целесообразности и экономичности, обеспечивающие безопасную эксплуатацию [2]. **Целью** данного исследования является выбор технологии усиления железобетонных плит перекрытия с учетом вышеизложенных требований.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для усиления многпустотных железобетонных плит наиболее часто применяются следующие варианты усиления:

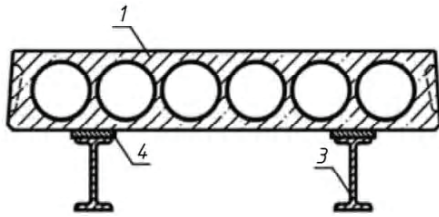


Рисунок 1 – Подведение металлических разгружающих балок снизу: 1 – усиливаемая плита; 3 – разгружающая балка; 4 – зачеканка шва раствором.

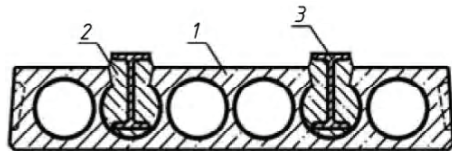


Рисунок 2 – Подведение металлических разгружающих балок сверху: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитный бетон; 3 – разгружающая балка.

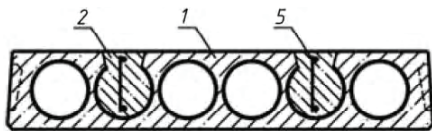


Рисунок 3 – Замоноличивание в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитный бетон; 5 – дополнительный арматурный каркас.

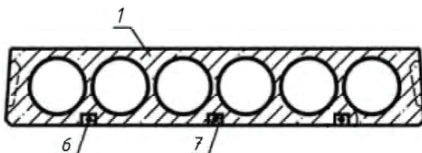


Рисунок 4 – Установка дополнительных арматурных стержней в пазах на полимеррастворе: 1 – усиливаемая плита; 6 – дополнительный арматурный стержень; 7 – полимерраствор.

1. Подведение металлических разгружающих балок снизу (рис. 1). К достоинствам данного вида усиления относятся простота изготовления и надежность. При выполнении работ не нарушается целостность конструкции. Недостатком является высокая металлоемкость. Подведенные балки имеют значительную высоту и нарушают эстетические требования, предъявляемые к нижележащим помещениям. Данный вид усиления пригоден только для плит, опирающихся на стены. При опирании плит на балки или ригеля данный вид усиления трудновыполним.

2. Подведение металлических разгружающих балок сверху (рис. 2). Металлические балки устанавливаются в пустоты плиты сверху. При этом не нарушаются эстетические требования нижележащих помещений. Однако при сохранении такой же высокой металлоемкости (как в варианте 1) возрастает трудоемкость изготовления. При выполнении работ разрушается сжатая (рабочая) полка плиты. Вес плиты значительно увеличивается за счет бетона, замоноличивающего металлические балки в пустоте плиты.

3. Замоноличивание в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов сохраняет все преимущества и недостатки варианта 2 (рис. 3), кроме металлоемкости, которая при этом значительно сокращается. Также данный вариант позволяет устанавливать дополнительные каркасы не на всю длину плиты, а только в расчетных сечениях.

4. Установка дополнительных арматурных стержней в пазах на полимеррастворе в ребрах плит (рис. 4). Преимущества: не увеличение габаритов усиливаемой конструкции, небольшая металлоемкость, возможность установки стержней усиления только в расчетных сечениях. Недостатки: значительная стоимость полимерраствора, высокая трудоемкость при прорезании пазов, невозможность применения в плитах с большим пролетом, где в ребрах в местах установки дополнительных стержней уже по проекту стоят рабочие стержни.

Для усиления монолитных железобетонных плит наиболее часто применяются следующие варианты усиления:

1. Усиление наращиванием сверху (рис. 5). Дополнительную арматуру устанавливают сверху как надпорную арматуру неразрезных плит, сечение пролетной арматуры можно не увеличивать, так как толщину наращивания выбирают такой, чтобы пролетной арматуры было достаточно при воз-

росшей нагрузке, но с одновременным увеличением высоты сечения. Минимальную толщину набетонки в плитах принимают равной 30 мм. Если качество поверхности бетона под набетонкой установить невозможно вследствие загрязнения, промасливания и т. д., то плиту набетонки рассчитывают и конструируют как работающую самостоятельно, а не монолитно с усиливаемой плитой.

2. Усиление плит наращиванием снизу (рис. 6). Способ подращивания заключается в нанесении на потолочную поверхность плиты слоя бетона, армированного сеткой. При этом наращивание выполняется обычно путем торкретирования с постановкой дополнительной арматуры, которую приваривают к существующей арматуре плиты, для чего через 500...700 мм вырубает поперечные борозды до существующей арматуры, обнажая ее.

3. Устройство железобетонного наращивания снизу или сверху плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым. При недостаточном сцеплении нового бетона со старым возможно устройство железобетонного наращивания снизу (рис. 7) и сверху (рис. 8) плиты с установкой анкеров в заранее просверленные отверстия.

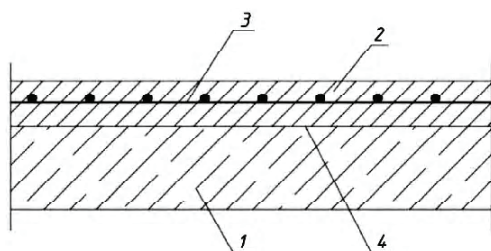


Рисунок 5 – Нарастивание монолитного слоя сверху: 1 – усиваемая плита; 2 – монолитный слой бетона; 3 – арматурная сетка; 4 – поверхность сцепления монолитного бетона с плитой.

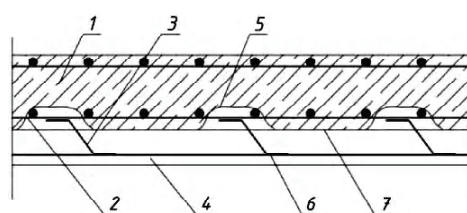


Рисунок 6 – Нарастивание монолитного слоя снизу: 1 – усиваемая плита; 2 – рабочая арматура усиления; 3 – арматурные отгибы; 4 – торкретбетон; 5 – вырубленный защитный слой бетона; 6 – сварка; 7 – нижняя поверхность плиты, подготовленная к бетонированию.

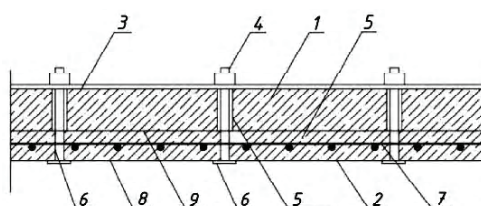


Рисунок 7 – Устройство железобетонного нарастивания снизу плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым: 1 – усиваемая железобетонная плита; 2 – железобетонное нарастивание; 3 – стальная полоса, прикрепленная к плите анкерными болтами; 4 – анкерные болты, установленные в просверленные в плите отверстия; 5 – отверстия, просверленные в плите; 6 – шайбы; 7 – арматурная сетка, приваренная к стальным полосам; 8 – бетон нарастивания, наносимый методом торкретирования; 9 – поверхность усиваемой плиты, подготовленная к бетонированию).

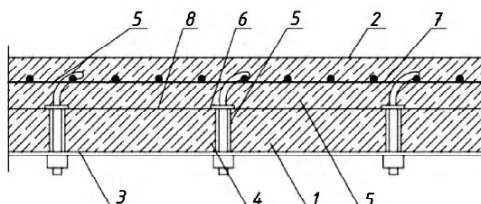


Рисунок 8 – Устройство железобетонного нарастивания сверху плиты при недостаточном сцеплении нового бетона со старым: 1 – усиваемая железобетонная плита; 2 – железобетонное нарастивание; 3 – стальная полоса, прикрепленная к плите анкерными стержнями; 4 – анкерные стержни с крюками, установленные в просверленные отверстия; 5 – отверстия, просверленные в плите; 6 – шайбы; 7 – арматурная сетка, прикрепленная к плите анкерными стержнями; 8 – поверхность усиваемой плиты, подготовленная к бетонированию.

Усиления железобетонных плит, выполняемые согласно вышеописанным техническим решениям, не всегда эффективны, т. к. могут требовать увеличения объема строительных элементов (уменьшение объема помещения) и отселения жильцов.

Альтернативный метод усиления плит железобетонных перекрытий, его преимущества и недостатки.

Усиление железобетонных конструкций методом внешнего армирования композитными материалами – это установка наклеиванием на железобетонную конструкцию изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холстов, сеток и других тканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного композитного материала [3].

Композитный материал – это изделие в виде ламинатов, холстов, сеток и других тканых материалов, состоящее из углеродных, арамидных или стеклянных волокон, объединенных полимерной матрицей [4].

Композиционные материалы обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционным стальным прокатом [5]:

- 1) высокой прочностью на растяжение и модулем упругости, сопоставимыми или даже превосходящими аналогичные показатели стали;
- 2) плотностью в 3–5 раз меньшей, чем у стали, в результате масса усиливаемой конструкции увеличивается незначительно;
- 3) не подвержены агрессивному воздействию внешней среды, в том числе коррозии;
- 4) позволяют производить работы по ремонту и усилению строительных конструкций с минимальными перерывами в эксплуатации сооружения.

Для усиления железобетонных конструкций наиболее подходят композитные материалы на основе углеродных волокон. Они обладают высокой прочностью на растяжение и сжатие, близким к стали модулем упругости. Аналогичные материалы на основе арамидных волокон имеют меньшую прочность на сжатие, а стеклопластики – низкий модуль упругости [5].

Композиционные материалы можно подразделить на две группы: формируемые непосредственно при производстве работ на строительном объекте и заводского изготовления.

Первая группа основывается на использовании тканей (холстов) с расположением волокон в одном (однонаправленные) либо в нескольких направлениях. Холсты наклеиваются на поверхность усиливаемой конструкции послойно с помощью специальных эпоксидных смол с пропиткой смолами каждого слоя. Композит формируется при отверждении смолы в естественных условиях.

Композиты второй группы (ламинаты) – жесткие. Они производятся в заводских условиях путем пропитки тканей полимерными составами с последующим формированием пакета из необходимого количества слоев ткани и протяжкой через систему валиков с прессованием и термообработкой до полного отверждения смолы. В результате получаются жесткие композиционные ленты (ламинаты) [6].

Стоимость ламинатов значительно выше стоимости холстов, однако трудоемкость работ при их использовании может быть ниже. Возможности применения холстов шире, чем при использовании ламинатов, т. к. с помощью мягкой ткани можно легко выполнять работы по ремонту и усилению строительных конструкций со сложными пространственными формами [5].

Эффективность усиления композиционными материалами во многом зависит от прочности адгезива, его сцепления с бетоном. Отслаивание композиционного материала от бетона из-за недостаточной прочности адгезива или слабого сцепления с бетоном, а также разрушение от сдвига по непрочному поверхностному слою бетона могут снизить эффективность усиления.

При усилении железобетонных плит перекрытия внешнее армирование осуществляется путем приклеивания на нижнюю поверхность плит элементов с направлением армирующих волокон вдоль оси конструкции и поверх них – поперечных элементов с направлением армирующих волокон перпендикулярно продольной оси конструкции (рис. 9). Для создания элементов внешнего армирования могут быть использованы ламинаты или однонаправленные холсты [7].

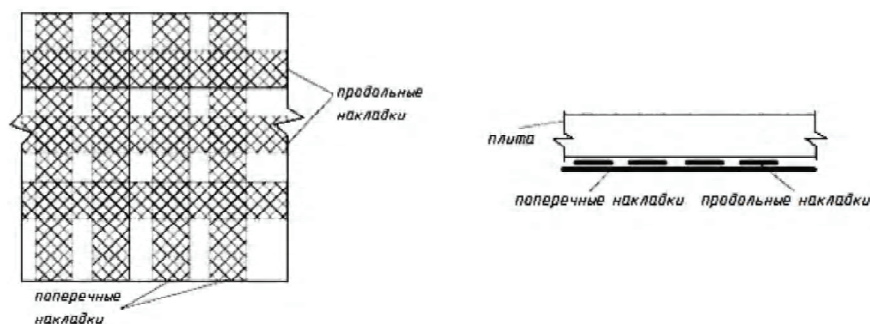


Рисунок 9 – Схема расположения элементов усиления железобетонной плиты перекрытия.

Для выявления наиболее рационального подхода по усилению плиты перекрытия, составлены локальные сметы на основные строительные работы по следующим методам:

- 1) многпустотной плиты 1ПК60.15-8 замоноличиванием в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов (вариант 1);
- 2) монолитной плиты площадью равной плите 1ПК60.15-8 наращиванием монолитного слоя снизу (вариант 2);

3) внешним армированием углеродной лентой-полотном 300-12К-230 [10] (эпоксидный состав CarbonWrap Resin 230+ [11]) плит по вариантам 1, 2 (вариант 3).

Стоимость строительных работ рассчитана на программном комплексе «Смета-Профи», разработанном Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства ДНР в соответствии с положениями государственных строительных норм: ДСТУ Б.Д.1.1-1:2013 «Правила определения стоимости строительства», введенные в действие с 1 января 2014 года, с утвержденными дополнениями и изменениями, в договорных ценах.

Сравнение вариантов усиления проводилось по следующим показателям локальных смет: трудоемкость устройства усиления, сметная стоимость, заработная плата рабочих, стоимость материалов, изделий и конструкций (таблица, рис. 10).

Таблица – Сравнение вариантов усиления плиты перекрытия

Наименования показателя	Ед. измерения	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Сметная трудоемкость	чел-ч	34,95	38,74	10,96
Сметная стоимость	росс. руб.	9 252	8 051	35 148
Сметная заработная плата	росс. руб.	3 570	3 585	741
Стоимость материалов, изделий и конструкций	росс. руб.	3 216	2 676	34 137

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

При выборе варианта усиления необходимо учитывать все достоинства и недостатки выбранного варианта с учетом конкретных условий.

Наименее продолжительным по устройству является вариант усиления углеродной лентой-полотном, при этом заработная плата рабочих минимальная. Однако при таком варианте усиления стоимость материалов является достаточно высокой.

Усиление железобетонных многопустотных плит перекрытия композитными материалами является современным и перспективным методом ремонта. Результатом его применения является повышение прочностных характеристик конструкции, увеличение срока эксплуатации и надежности здания без применения металлических конструкций, существенное сокращение расходов на работы, сокращение срока их выполнения, что делает его применение одним из наиболее практичных способов. Однако существенным недостатком такого метода усиления является высокая стоимость используемых материалов.

Из всех технико-экономических показателей наиболее значимым является сметная стоимость. В результате сравнения вариантов усиления плит перекрытия (при равных условиях) можно сделать вывод, что наиболее экономичным видом усиления является усиление замоноличиванием в пустотных каналах дополнительных арматурных каркасов (для многопустотных плит) и наращивание монолитного слоя снизу (для монолитных плит).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, С. Ф. Экономическое обоснование выбора способа усиления железобетонных элементов конструкций / С. Ф. Акимов, Э. Ш. Акимова. – Текст : непосредственный // Экономика строительства и природопользования ; редакция Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского». – 2018. – № 1(66). – С. 31–41.
2. Достоинства и недостатки различных вариантов усиления многопустотных железобетонных плит / А. В. Сербиновский, С. С. Пиневич, П. А. Сербиновский, Е. А. Песоцкий. – Текст : электронный // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015. – № 1. – (10 с). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostoinstva-i-nedostatki-razlichnyh-variantov-usileniya-mnogopustotnyh-zhelezobetonnyh-plit/viewer> (дата обращения 25.10.2021).
3. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования = Strengthening of reinforced concrete structures by FRP composites. Regulation of design : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 08.08.2014 г. № 452/пр : введен впервые : дата введения 2014-09-01. – Москва : Росстандарт, 2014. – 67 с. – Текст : непосредственный.
4. СТО НОСТРОЙ/НОП 2.7.141-2014. Восстановление и повышение несущей способности железобетонных плит перекрытий и покрытий. Проектирование и строительство. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ = Recoving and increasing of bearing capacity of reinforced concrete slabs ceiling and roofs. Engineering design and building. The rules, the monitoring of implementation and the demands to the results of the work : стандарт организации : утвержден и введен в действие решением Совета Национального объединения строителей,

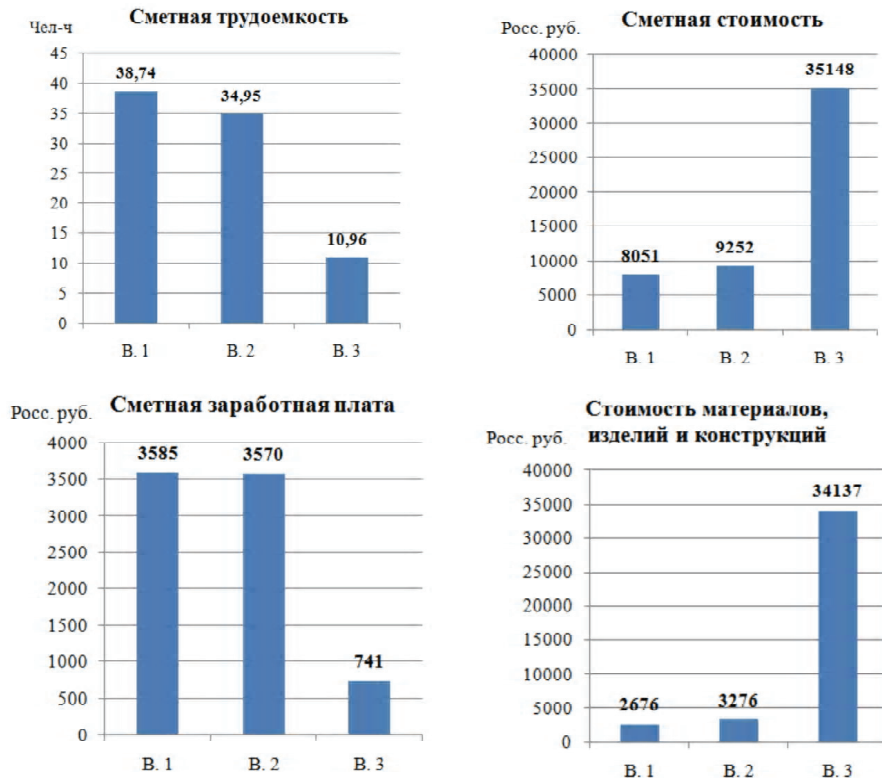


Рисунок 10 – Сравнение вариантов усиления плиты перекрытия.

протокол от 13.12.2013 г. № 49, решением Совета Национального объединения проектировщиков, протокол от 09.04.2014 г. № 58 : введен впервые : дата введения 2014-04-09 / разработан ОАО Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. – Москва : АО ЦИТП им. Г. К. Орджоникидзе, 2016. – 101 с. – Текст : непосредственный.

- Халтурин, Ю. В. Использование композитных материалов при реконструкции зданий и сооружений / Ю. В. Халтурин, А. В. Кузовенко. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского ГТУ им. И. И. Ползунова. – 2014. – № 1–2. – С. 51–54.
- Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций / И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев, И. И. Овчинников [и др.]. – Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – № 4 (13). – С. 89 (22 с.). – URL: cyberleninka.ru/article/n/voprosy-usileniya-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-kompozitami-1-eksperimentalnye-issledovaniya-osobennostey-usileniya-kompozitami/viewer (дата обращения: 07.10.2021).
- Ремонт и усиление железобетонных конструкций : методическое пособие / А. А. Шилин, М. В. Зайцев, В. А. Пшеничный, Д. В. Каргузов ; [рецензенты : В. В. Козлов, Т. А. Мухамедиев]. – Москва : Стройиздат, 2007. – 181 с. – ISBN 978-5-274-01972-9. – Текст : непосредственный.

Получена 01.11.2021.

С. В. КОЖЕМЯКА, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Для посилення конструкцій застосовують методи, які розроблені виходячи з технічної доцільності та економічності та забезпечують безпечну експлуатацію. У статті розглянуто найпоширеніші методи посилення багатопустотних та монолітних залізобетонних плит перекриття. Представлено альтернативний метод посилення плит залізобетонних перекриттів, його переваги та недоліки. Описано технологію, переваги та недоліки методу зовнішнього армування на основі композитних матеріалів. Впродовж дослідження проводилося порівняння варіантів посилення за такими показниками локальних кошторисів: трудомісткість пристрою посилення, кошторисна вартість, заробітна плата робочих, вартість матеріалів, виробів і конструкцій. На підставі техніко-економічних показників в

результаті порівняння варіантів посилення плит перекриття (за рівних умов) зроблено висновок про найбільш економічний вид посилення.

Ключові слова: посилення, торкретування, композитні матеріали, вуглецеве волокно, полотно, ламінати, адгезив, армування залізобетонних конструкцій.

SERGEI KOZHEMYAKA, ANNA KRUPENCHENKO
SELECTION OF REINFORCED CONCRETE SLABS REINFORCEMENT
TECHNOLOGY

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Methods developed on the basis of technical feasibility and cost-effectiveness and ensuring safe operation are used to strengthen structures. The article discusses the most common methods of reinforcing hollow-core and monolithic reinforced concrete floor slabs. Alternative method of reinforcing reinforced concrete slabs is presented, its advantages and disadvantages are also presented. The technology, advantages and disadvantages of the method of external reinforcement based on composite materials are described. In the course of the study, the reinforcement options were compared according to the following indicators of local estimates: the labor intensity of the reinforcement device, the estimated cost, the wages of workers, the cost of materials, products and structures. Based on technical and economic indicators, as a result of comparing the options for strengthening the floor slabs (under equal conditions), a conclusion was made about the most economical type of reinforcement.

Key words: reinforcement, shotcrete, composite materials, carbon fiber, canvas, laminates, adhesive, reinforcement of reinforced concrete structures.

Кожемяка Сергей Викторович – кандидат технических наук; профессор кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений, автоматизация технологического проектирования.

Крупенченко Анна Викторовна – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при реконструкции зданий и сооружений.

Кожемяка Сергій Вікторович – кандидат технічних наук; професор кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при реконструкції будівель і споруд, автоматизація технологічного проектування.

Крупенченко Ганна Вікторівна – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: реконструкція промислових і цивільних споруд.

Kozhemyaka Sergei – Ph. D. (Eng.); Professor Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology and organization of works in reconstructing building and structures, automation of technological designing.

Krupenchenko Anna – Senior Lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reconstruction of industrial and civil buildings.