

УДК 69.059.25

В. А. МАЗУР, Т. Н. КУЦЕНКО, С. В. ПЕТРОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА РЕМОНТА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ГРАДИРЕН С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОДМАЩИВАНИЯ

Аннотация. Применяемые технологии восстановления железобетонных оболочек вытяжных башен градирен недостаточно эффективны, поэтому периодичность выполнения ремонтных работ составляет 3–4 года. Кроме того, специфичность тонкостенных конструкций вытяжных башен градирен существенно ограничивает возможность использования средств подмащивания и малой механизации, что приводит к значительному увеличению стоимости и продолжительности ремонтных работ. Проведенные исследования показали, что разнообразие конкретных условий производства работ по восстановлению монолитных железобетонных оболочек градирен требует комплексного подхода, учитывающего не только размеры и геометрическую форму вытяжной башни градирни, но и возможность использования различных средств подмащивания с учетом их технико-экономического обоснования. Построенные графики позволяют определять трудоемкость и стоимость ремонтных работ, а также стоимость аренды средств подмащивания.

Ключевые слова: монолитная железобетонная оболочка градирни, башня градирни, средства подмащивания, технология ремонта оболочки, технико-экономические показатели.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

На большинстве предприятий Донбасса, России и Украины до настоящего времени функционируют башенные железобетонные градирни, возведенные еще в прошлом столетии. Анализ проведенных исследований и документов обследования указанных сооружений показал, что уже на ранних этапах эксплуатации возникали проблемы, связанные с разрушением их оболочек в результате воздействия агрессивной среды, перепадов температуры на внутренней и наружной поверхностях оболочки, обледенения конструкций и т. д.

Несмотря на периодические текущие и капитальные ремонты сооружений, объемы разрушения железобетонных оболочек градирен ежегодно увеличиваются, что приводит к частичной потере их несущей способности вследствие образования сквозных отверстий, повреждения защитного слоя бетона, коррозии арматуры. Применяемые для ремонта оболочек градирен технологии нанесения защитных слоев методом торкретирования и нанесения эпоксидных смол, перхлорвиниловых лаков, специальных праймеров, инъектирования специальными составами недостаточно эффективны, так как срок нормальной эксплуатации градирен после восстановления не превышает 3–4 года [1, 2, 4]. Кроме того, специфичность тонкостенных конструкций железобетонных градирен существенно ограничивает возможность использования средств подмащивания и малой механизации, что приводит к значительному увеличению стоимости ремонтных работ. На основании вышеизложенного тема исследований является актуальной.

Целью работы является повышение эффективности ремонта вытяжных башен (оболочек) монолитных железобетонных градирен на основании технико-экономического сравнения различных конструктивно-технологических вариантов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Основными конструктивными элементами монолитной железобетонной гиперболической градирни являются: оболочка вытяжной башни, водосборный бассейн, ороситель, наклонная колоннада,

© В. А. Мазур, Т. Н. Куценко, С. В. Петров, 2020

верхнее и нижнее кольца жесткости, ограждение, ходовая лестница, воздухонаправляющий козырек и зимние защитные щиты (рис. 1).

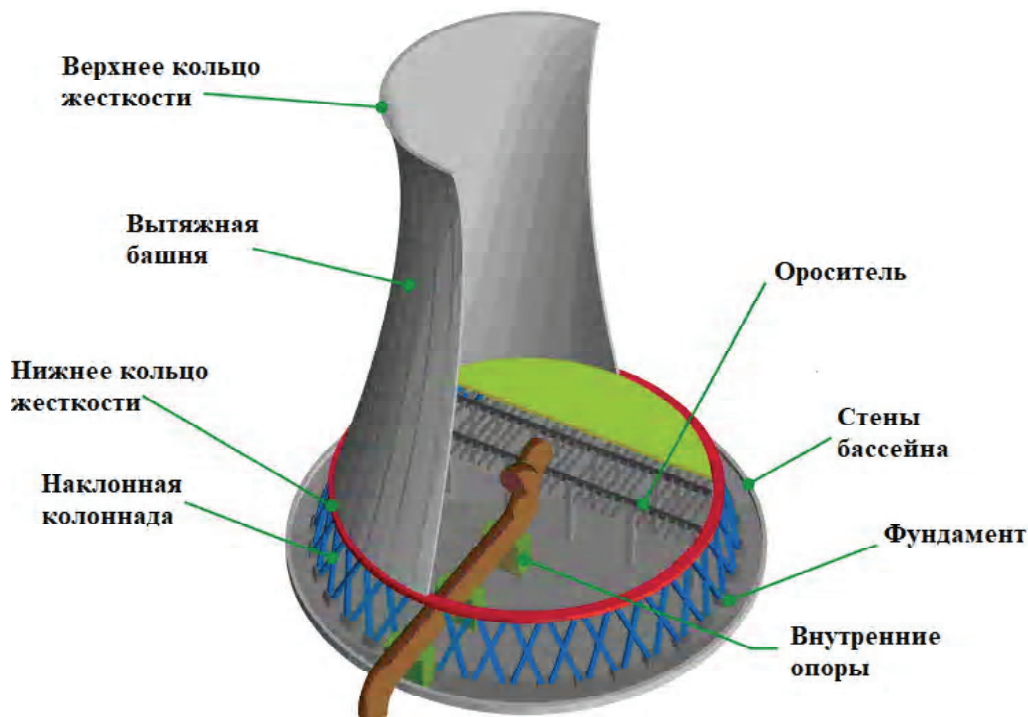


Рисунок 1 – Основные конструктивные элементы градирни.

Наиболее сложным элементом монолитной железобетонной башенной градирни является вытяжная башня (оболочка), толщина стенок которой должна быть не менее 180 мм [6]. В зависимости от требуемой площади орошения башни бывают конической, цилиндрической или гиперболической формы. Оболочку армируют двойной сеткой: отдельными стержнями в меридиональном (с шагом 200 мм) и в кольцевом направлениях (с шагом 150 мм).

Выбор рациональной технологии ремонта железобетонной оболочки градирни, а также потребность в инструментах, приспособлениях, средствах малой механизации, средствах подмащивания зависят не только от геометрических размеров и формы градирни, но и от характерных дефектов и повреждений, их количества и места расположения на самой оболочке.

Характерными дефектами железобетонных монолитных оболочек градирен являются:

- уменьшение площади сечения бетона и наличие в нем трещин, отслоений, вздутий, сквозных отверстий, отколов бетона вследствие коррозии арматуры;
- изменение механических и коррозионных характеристик бетона в процессе эксплуатации в агрессивной среде;
- дефекты железобетона (недостаточные прочность и плотность, смещение арматуры при бетонировании, недостаточная толщина защитного слоя бетона, внутренние трещины, каверны и т. д.);
- механические и коррозионные повреждения арматуры, приводящие к уменьшению площади ее сечения и, как следствие, к изменению механических характеристик;
- прекращение работы арматуры в теле оболочки вследствие ее выпучивания;
- уменьшение толщины оболочки до величины ниже требуемой, предусмотренной проектной и нормативной документацией [3, 4].

Дефекты на поверхности вытяжной башни могут располагаться как внутри самой башни, так и на ее внешней поверхности.

Расположение дефектов на внутренней поверхности оболочки градирни приводит к необходимости технологического перерыва в работе самой градирни, а значит, и частичной приостановке процессов предприятия. Ремонт дефектов на внешней поверхности оболочки возможен без остановки работы градирни. Расположение дефектов в нижней части градирни позволяет выполнять работы с

использованием вышек и лесов. Расположение дефектов в верхней части градирни требует применения подвесных люлек, для установки и демонтажа которых необходимо использование специальных кранов или лебедок.

В работе для дальнейших исследований выбраны три типоразмера градирен: малая (с площадью орошения 1 500 м², высотой 55,3 м, диаметром 50,03 м), средняя (с площадью орошения 2 600 м², высотой 74,0 м, диаметром 63,67 м) и большая (с площадью орошения 4 400 м², высотой 90,0 м, диаметром 76,49 м).

Ремонт оболочки монолитной железобетонной градирни представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных качеств как отдельных конструкций, так и градирни в целом.

Как правило, текущие ремонты планируются ежегодно, а капитальный ремонт осуществляется через 7–8 и более лет после постройки градирни. Обычно под капитальным ремонтом подразумевается реконструкция градирни, выполняемая на основании дефектных ведомостей технического осмотра. В зависимости от состояния градирни ее реконструкция может быть совмещена с модернизацией, т. е. с использованием новых прогрессивных технических решений (рис. 2).

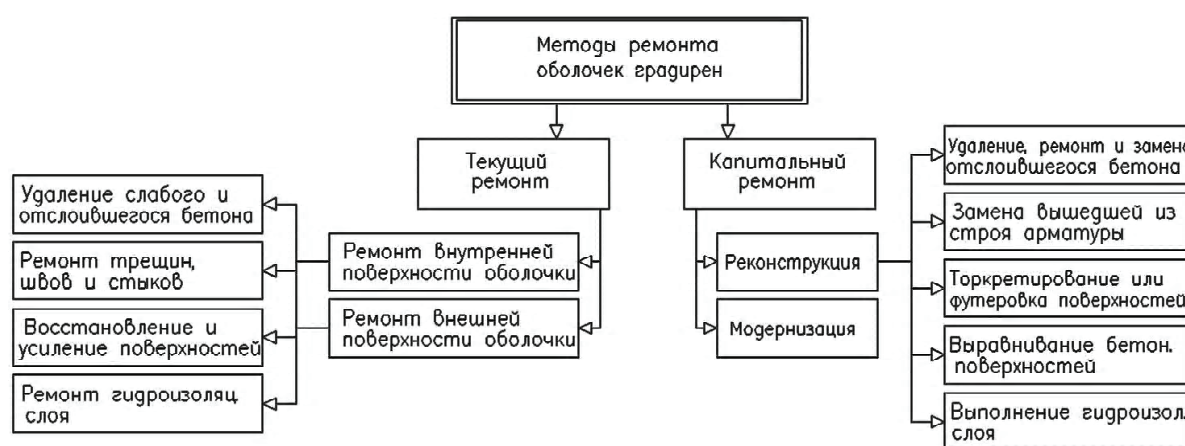


Рисунок 2 – Методы ремонта оболочек градирен.

Любой ремонт должен выполняться строго по проекту производства работ, разработанному на основании результатов осмотра, актов обследования и составленных дефектных ведомостей [3].

Наиболее распространенными видами работ по ремонту железобетонных монолитных оболочек градирен являются: замена разрушенного бетона и арматуры, заделка трещин и раковин наружной поверхности, торкретирование поверхности бетона, выполнение тепло- и влагозащитного экрана на внутренней поверхности оболочки.

Восстановление эксплуатационных характеристик железобетонных конструкций корпуса градирни производится по следующей технологии:

- 1) удаление отслоившегося и слабого бетона с поверхностей градирни механическим способом (пескоструйной или гидроструйной обработками, шлифованием, фрезерованием);
- 2) обеспыливание и увлажнение поверхностей;
- 3) заделка швов, стыков и трещин в железобетонных конструкциях специальными инъекционными составами на основе эпоксидных смол;
- 4) восстановление и усиление бетона торкретированием или бетонированием опалубочным или безопалубочным способами с использованием тиксотропных и литевых составов на основе цемента;
- 5) нанесение защитного слоя бетона.

Для дальнейших исследований приняты два варианта технологий восстановления поверхности железобетонной монолитной оболочки:

Вариант 1. Ремонт внешней поверхности оболочки железобетонной градирни с использованием ремонтных смесей и устройство антикоррозионного покрытия методом окрашивания, очистка основания пескоструйным способом.

Вариант 2. Ремонт внешних поверхностей оболочки железобетонной градирни с использованием технологии торкретирования, устройство антикоррозионного покрытия методом окрашивания, очистка поверхности гидроструйным способом.

Комплекс ремонтных работ, выполняемых по указанным вариантам, состоит из отдельных технологических процессов, по которым производится определение трудоемкости и стоимости их выполнения (таблица).

Таблица – Исследование технологической структуры процессов ремонта

| № | Наименование технологических процессов | Процессы | |
|---|---|-----------|-----------|
| | | Вариант 1 | Вариант 2 |
| 1 | Удаление отслоившегося и слабого бетона с поверхностей градирни | + | + |
| 2 | Обеспыливание и увлажнение поверхностей | + | – |
| 3 | Ремонт швов, стыков и трещин в железобетонных конструкциях | + | – |
| 4 | Восстановление и усиление бетона | + | + |
| 5 | Уплотнение бетона | + | – |
| 6 | Выравнивание и очистка поверхности | + | + |
| 7 | Нанесение защитного слоя бетона | + | + |

На основании анализа технологической структуры ремонтных работ построены графики, отражающие технико-экономические показатели ремонта поверхности оболочки железобетонной градирни в зависимости от площади орошения (рис. 3).

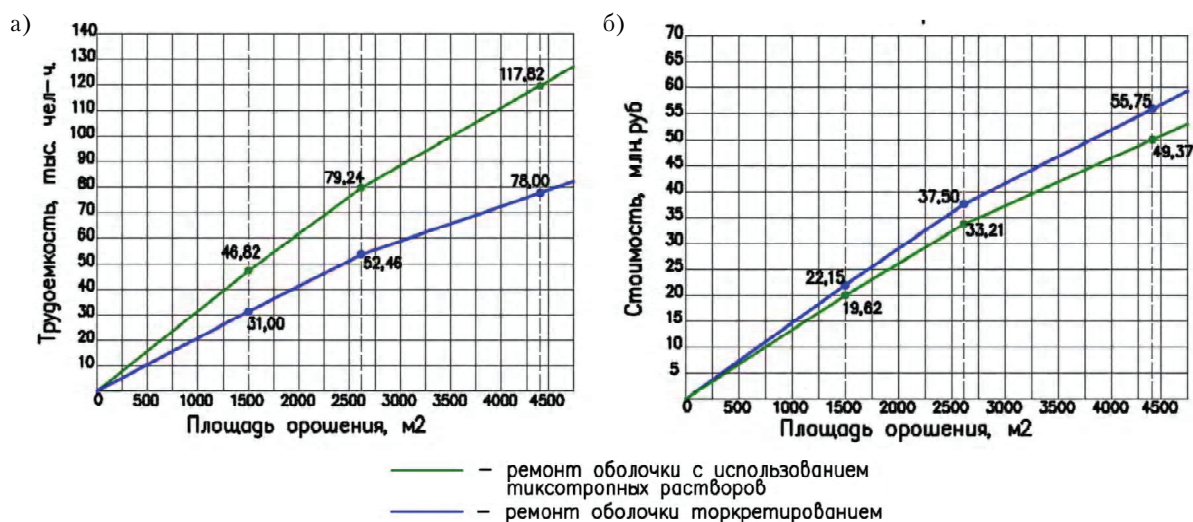


Рисунок 3 – Графики зависимости трудоемкости выполнения работ (а) и их стоимости (б) в зависимости от площади орошения градирни.

Проведенный анализ технико-экономических показателей показал, что технология ремонта оболочек градирен с применением тиксотропных смесей безопалубочным способом более экономична по сравнению с использованием метода торкретирования поверхности бетонным раствором. Но трудоемкость выполнения торкретирования в 1,5 раза меньше трудоемкости восстановления бетонной поверхности бетонометом. И, как следствие, продолжительность работ при торкретировании поверхностей меньше продолжительности работ по бетонированию (для малых градирен на 37 дней, для больших градирен на 106 дней), что позволяет в более ранние сроки ввести объект в эксплуатацию.

Так как при ремонте оболочек градирен существенным фактором являются директивные (а значит, минимальные) сроки выполнения работ, вариант с торкретированием поверхностей чаще всего является предпочтительным.

При производстве работ по ремонту поверхностей оболочек монолитных железобетонных градирен существенное влияние на общую стоимость и трудоемкость их выполнения оказывает использование различных средств подмащивания [5].

В качестве средств подмащивания используют:

а) самоподъемные люльки. Восстановление оболочки выполняют отдельными вертикальными полосами, равными ширине люльки. При этом сложно добиться качественного выполнения работ, особенно на стыках вертикальных захваток;

б) подмости на кронштейнах. При применении данных средств подмащивания работы ведутся по горизонтальным захваткам (ярусам). Качество работ повышается, но повышается и опасность их выполнения, так как для продолжения работы на очередном ярусе требуется перемещение бандажей на очередную захватку по высоте, закрепление на них кронштейнов и подъем настила;

в) леса. При использовании лесов работы ведутся горизонтальными полосами. Качество работ повышается по сравнению с использованием люлек. Недостатком данных средств подмащивания является невозможность использования стандартных комплектов лесов, а также ограничение их применения по высоте (не более 100 м);

г) самоподъемную кольцевую рабочую площадку, подъем которой осуществляется лебедками. Работы при использовании указанных площадок выполняются по горизонтальным захваткам с использованием специфического оснащения, поэтому в данной работе этот вид подмостей не рассматривается.

В результате анализа технико-экономических показателей монтажа-перестановки и продолжительности аренды построены графики трудоемкости и продолжительности выполнения процессов установки-перестановки разных средств подмащивания (рис. 4). Расчет продолжительности эксплуатации средств подмащивания выполнялся для одноменного режима работы бригады, состоящей из 12 человек при использовании люлек, 15 человек при использовании подмостей, 24 человек – при работе с лесов.

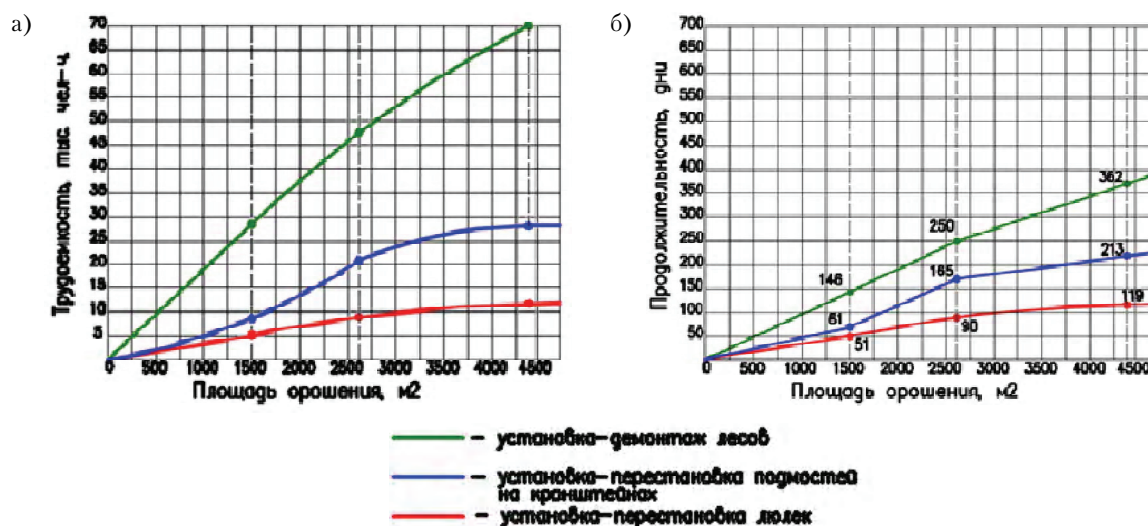


Рисунок 4 – Графики зависимости трудоемкости (а) и продолжительности (б) использования различных средств подмащивания.

В результате анализа полученных графиков установлено, что трудоемкость монтажа, демонтажа и перемещения средств подмащивания изменяется нелинейно и зависит от размеров градири. В среднем, трудоемкость установки-перестановки люлек в 2 раза меньше трудоемкости установки-перестановки подмостей на кронштейнах и в 6 раз меньше трудоемкости установки-демонтажа лесов.

Использование люлек в качестве средств подмащивания позволяет сократить сроки выполнения работ в 3 раза при меньшем количестве людей в бригаде по сравнению с установкой-демонтажом лесов и почти в 2 раза – по сравнению с использованием подмостей на кронштейнах.

На основании данных по стоимости аренды средств подмащивания, приведенных на сайтах производителей и арендаторов, и рассчитанной продолжительности работ с их использованием построен график зависимости стоимости аренды средств подмащивания от площади орошения градири (рис. 5).

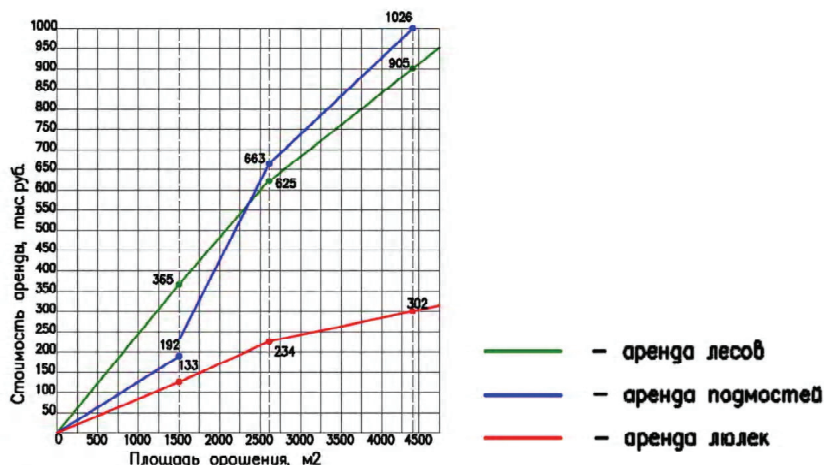


Рисунок 5 – Графики зависимости стоимости аренды от площади орошения градирни.

Анализ полученных данных показал, что стоимость аренды за весь период выполнения работ по восстановлению железобетонных башен градирен минимальная при использовании люлек, поэтому их применение более целесообразно. Стоимость аренды лесов для малых градирен (с площадью орошения до 2 500 м²) почти в два раза больше стоимости аренды подмостей и в три раза больше аренды люлек. Однако для градирен с площадью орошения более 2 500 м² рациональнее использовать леса, так как стоимость их аренды меньше, чем при использовании других средств подмащивания.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что разнообразие конкретных условий производства работ по ремонту монолитных железобетонных оболочек градирен требует комплексного подхода, учитывающего не только размеры и геометрическую форму вытяжной башни градирни, существующие технологии восстановления железобетонных оболочек, но и возможность использования различных средств подмащивания. В связи с этим возрастает значение технологического проектирования на стадии инженерной подготовки производства и составления проекта производства работ на ремонт конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладков, В. А. Вентиляторные градирни (расчет и проектирование) / В. А. Гладков, Ю. И. Арефьев, Р. А. Барменков. – Москва : Госстройиздат, 1964. – 158 с. – Текст : непосредственный.
2. Пономаренко, В. С. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справочное пособие / В. С. Пономаренко, Ю. И. Арефьев ; под общей редакцией В. С. Пономаренко. – Москва : Энергоатомиздат, 1998. – 376 с. – Текст : непосредственный.
3. РД 34.22.301-88. Методические указания по проведению натуральных обследований железобетонных оболочек градирен : издание официальное : утверждены производственным объединением по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей «Союзтехэнерго» : дата введения 1989-01-01. – Москва : ПО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО», 1989. – 25 с. – Текст : непосредственный.
4. Реконструкция промышленных предприятий : в 2 томах, том 1 / В. Д. Топчий, Р. А. Гребенник, В. Г. Клименко [и др.] ; под редакцией В. Д. Топчия, Р. А. Гребеника. – Москва : Стройиздат, 1990. – 591 с., ил. – Текст : непосредственный.
5. СО 153-34.10.105. Нормокомплекты оборудования, оснастки, инструмента и средств малой механизации для капитального ремонта дымовых труб, градирен и антикоррозионной защиты оборудования на электростанциях Минэнерго СССР : издание официальное : утверждены заместителем Министра энергетики и электрификации СССР В. Н. Буденным 6 января 1981 г. / составители инженеры Н. Н. Рогов, И. Г. Клиник. – Москва : ПО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО», 1984. – 35 с. – Текст : непосредственный.
6. СП 340.1325800.2017. Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования = Reinforced concrete and concrete structures of cooling towers. Design rules : издание официальное : утверждены Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) : дата введения 2018-04-24 / исполнители АО «НИИЦ

«Строительство» – Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ им. А. А. Гвоздева). – Москва : Министерство строительства и ЖКХ РФ, 2017. – 46 с. – Текст : непосредственный.

Получена 25.10.2020

В. О. МАЗУР, Т. М. КУЦЕНКО, С. В. ПЕТРОВ
ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ РЕМОНТУ МОНОЛІТНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК ГРАДИРЕНЬ З УРАХУВАННЯМ
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ЗАСОБІВ ПІДМОЩУВАННЯ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Застосовувані технології відновлення залізобетонних оболонок витяжних веж градирень недостатньо ефективні, тому періодичність виконання ремонтних робіт становить 3–4 роки. Крім того, специфічність тонкостінних конструкцій оболонок істотно обмежує можливість використання засобів підмоцвання і малої механізації, що призводить до значного збільшення вартості і тривалості ремонтних робіт. Проведені дослідження показали, що різноманітність конкретних умов виконання робіт з відновлення монолітних залізобетонних оболонок градирень вимагає комплексного підходу, що враховує не тільки розміри і геометричну форму витяжної вежі градирні, але і можливість використання різних засобів підмоцвання з урахуванням їх техніко-економічного обґрунтування. Побудовані графіки дозволяють визначити трудомісткість і вартість ремонтних робіт, а також вартість оренди засобів підмоцвання.

Ключові слова: монолітна залізобетонна оболонка градирні, башта градирні, засоби підмоцвання, технологія ремонту оболонки, техніко-економічні показники.

VICTORIA MAZUR, TATYANA KUTSENKO, SERGEI PETROV
THE CHOICE OF A RATIONAL METHOD FOR REPAIRING MONOLITHIC
REINFORCED CONCRETE SHELLS OF COOLING TOWERS, TAKING INTO
ACCOUNT THE POSSIBILITY OF USING DIFFERENT MEANS OF
SCAFFOLDING

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The technologies used for the restoration of the reinforced concrete shells of the exhaust towers of cooling towers are not effective enough, therefore the frequency of repair work is 3–4 years. In addition, the specificity of thin-walled structures of exhaust towers of cooling towers significantly limits the possibility of using means of under-drawing and small mechanization, which leads to a significant increase in the cost and duration of repair work. Studies have shown that the variety of specific conditions for the restoration of monolithic reinforced concrete shells of cooling towers requires a comprehensive approach that takes into account not only the size and geometric shape of the exhaust tower of the cooling tower, but also the possibility of using various means of scaffolding, taking into account the feasibility study. The built schedules allow you to determine the labor intensity and cost of repairs, as well as the cost of renting the means of scaffolding.

Key words: monolithic reinforced concrete shell of a cooling tower, tower of a cooling stack, means of scaffolding, technology of repair of a shell, technical and economic indicators.

Мазур Викторія Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Куценко Татьяна Николаевна – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при реконструкции зданий и сооружений.

Петров Сергей Викторович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: организационно-технологические особенности процессов ремонта промышленных сооружений.

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення конструктивно-технологічних рішень щодо влаштування і капітального ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Куценко Тетяна Миколаївна – старший викладач кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при реконструкції будівель і споруд.

Петров Сергій Вікторович – магістрант кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: організаційно-технологічні особливості процесів ремонту промислових будівель.

Mazur Victoria – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the arrangement and overhaul of building envelopes of buildings and structures.

Kutsenko Tatyana – Senior Lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the reconstruction of buildings and structures.

Petrov Sergei – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: organizational and technological features of the processes of repair of industrial structures.