

ление энергии для отопления и кондиционирования. Влажностные и атмосферные воздействия не оказывают значительное влияние на его характеристики, что позволяет использовать углебетон в самых различных климатических условиях [3].

Ключевыми компонентами углебетона являются специальные добавки, которые улучшают его физико-механические характеристики и предотвращают образование трещин при воздействии низких температур. Кроме того, высокая плотность и низкое водопоглощение способствуют долговечности материала, что особенно важно для конструкций, подверженных воздействию атмосферных осадков и других агрессивных факторов [4].

Эти преимущества способствуют ускорению выполнения строительных работ, продлению срока службы объектов транспортной инфраструктуры, а значит надежности и безопасности зданий на транспорте. Есть пока и недостаток – высокая стоимость.

С учетом технических и эксплуатационных характеристик углебетона можно утверждать, что расходы могут быть оправданы, ведь не только сокращаются сроки строительства, но и исключаются преждевременные дорогостоящие ремонты.

Углебетонные изделия могут найти применение при ремонтно-восстановительных работах на ответственных объектах транспортной инфраструктуры, при ремонте железобетонных мостовых конструкций, опор, конструктивных элементов метро. При реконструкции старых уникальных зданий (вокзалов, аэропортов, придорожных гостиниц и т. п.) применение углебетонных изделий позволит не только ускорить работу, но и придать высокую прочность и надежность конструкциям, и тем самым продлить долговечность уникальных зданий.

Безусловно, с учетом высокой пока стоимости область применения углебетона ограничивается ответственными несущими конструкциями как при новом строительстве, так и при ремонтных работах. Применение углебетона наблюдается преимущественно при реконструкции старых зданий. Плиты, обладающие высокой прочностью и малой толщиной, способствуют восстановлению несущих элементов, повышают надежность строений и обеспечивают их безопасность и тем самым становятся исключительно востребованы для зданий и сооружений на транспорте, требующих ремонтно-восстановительных работ.

При проектировании зданий и сооружений с повышенными требованиями надежности и безопасности (вокзальных комплексов, аэропортов и т. п.) с использованием углебетона архитекторы и инженеры получают возможность создавать оригинальные, более легкие, изящные, эстетичные современные конструкции, сохраняя при этом высокие прочностные характеристики; применять креативный дизайнерский подход в проектировании, интегрируя более сложные формы и элементы в архитектурные проекты.

#### Список литературы

- 1 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-31.10-182. Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton). Deutsches Institut für Bautechnik.
- 2 Углебетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://argo-project.ru/articles/articles\\_599.html](https://argo-project.ru/articles/articles_599.html). – Дата доступа : 05.09.2024.
- 3 Современная российская наука [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2022/05/МК-1405.pdf#page=13>. – Дата доступа : 01.09.2024.
- 4 Углебетон – строительный материал будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sml-46.ru/stati/item/35-7-staty-a-s-beton>. – Дата доступа : 01.09.2024.
- 5 Carbon concrete – prospects for the construction industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://plandi.ru/blog/articles/uglerodisty-beton-perspektivy-dlya-stroitelnoi-otrasli/317>. – Дата доступа : 11.08.2024.

УДК 69.059.4

### ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*В. А. ДОЛЯ, О. Н. КОНОВАЛОВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В нашей стране ежегодно возводятся и вводятся в эксплуатацию сотни зданий и сооружений. Значительно большее количество уже эксплуатируется различные сроки в разных эксплуатационных условиях. Конструкции эксплуатируемых зданий и сооружений находятся в различных технических состояниях.

Объективная оценка остаточного ресурса (ОР) как эксплуатируемых, так и проектируемых зданий и сооружений – одна из самых актуальных задач строительной отрасли нашей страны.

В качестве базового подхода для оценки ОР принят подход, основанный на принципе безопасной эксплуатации по техническому состоянию (ТС). В соответствии с ним оценку ТС конструкций осуществляют по параметрам, обеспечивающим их надежную и безопасную эксплуатацию в соответствии с действующей НД, а ОР – по определяющим параметрам ТС [1].

В качестве определяющих параметров ТС приняты те, изменение которых (в отдельности или совокупности) может привести конструкцию в неработоспособное или предельное состояние. Параметрами ТС конструкций, в зависимости от выбранных критериев предельного состояния и условий эксплуатации, служат характеристики материалов, несущая способность, характеристики нагрузок и воздействий [2, 3].

Оценку параметров ТС и выбор определяющих параметров осуществляют по результатам технического обследования, включающего анализ технической документации (заводской, проектной, исполнительной), результатов мониторинга – для особо значимых (либо значительно поврежденных) объектов.

Определение ОР сегодня чаще всего выполняется отдельными специалистами, с применением существующих методик в основном на базе технической оценки поврежденности. Естественно, их знания, навыки и опыт различны. Для объективной оценки ОР необходимо создавать прогнозные модели, учитывающие максимальное (в то же время – безразмерное) количество определяющих параметров.

Поскольку существует огромное количество параметров, определяющих дефекты и повреждения строительных конструкций (по виду материалов), в различной мере влияющих на их техническое состояние, для возможности прогнозирования ОР необходимо выделить основные определяющие параметры.

Так, при оценке ОР эксплуатируемых зданий и сооружений можно принять определяющими параметрами:

- для деревянных конструкций: отклонения от проектной документации в части длин, размеров поперечного сечения, проектного положения, креплений элементов, количества элементов, наличия дополнительных опор; уменьшение размеров поперечного сечения (в результате механических, физических и химических воздействий); наличие и степень биологических повреждений (дереворазрушающими грибами и насекомыми); наличие, характер, длина, ширина раскрытия и глубина трещин; расшатанность узлов крепления (выход элементов из проектного положения); отклонения элементов от проектной оси; потеря устойчивости элементов (прогибы, выгибы в одной или двух плоскостях); уменьшение несущей способности (по любому расчетному сечению);

- для каменных и армокаменных конструкций: отклонения от проектной документации (в части размеров, площадей поперечного сечения элементов, наличия и размеров проемов); наличие дефектов кладки (увеличение толщины швов, нарушение перевязки рядов, «волны», пустошовка, ослабление сечения кладки штрабами); наличие (качество) перевязки стен между собой; количество, характер, длина и ширина раскрытия трещин; наличие и количественные характеристики физических (температурных) повреждений; уменьшение размеров поперечного сечения; выпучивание элементов из вертикальной плоскости; наклоны стен; местные силовые разрушения в опорной зоне элементов (трещины, раздробление, смятие, скалывание); прочность на сжатие стенового материала; прочность на сжатие раствора; количество рядов и площадь поперечного сечения стальной арматуры (для армокаменных конструкций); крены (отклонения от вертикальной плоскости); несущая способность (по всем расчетным сечениям);

- для железобетонных конструкций: отклонения от проектной документации (в части длин, размеров поперечного сечения, проектного положения, опирания и креплений элементов, наличия дополнительных опор, армирования); уменьшение площади поперечного сечения; местные силовые разрушения бетона в сжатой зоне; количество, характер, длина и ширина раскрытия трещин; наличие и количественные характеристики физических (температурных) повреждений; наличие и степень коррозионного повреждения бетона и стальной арматуры; наличие и степень коррозионного повреждения закладных деталей; разрыв арматуры в растянутой зоне; выпучивание арматуры в сжатой зоне; смещение элементов из проектного положения; взаимное смещение сопряженных элементов; уменьшение площади поперечного сечения стальной арматуры; смещение опор; прочность бетона на сжатие; проч-

ность стальной арматуры на растяжение (при выявлении воздействий на арматуру температур 300 °С и более); прогибы; сцепление арматуры с бетоном; несущая способность (по всем расчетным сечениям);

– для стальных конструкций: отклонения от проектной документации (в части длин, размеров поперечного сечения, проектного положения, опирания и креплений элементов); количество, характер, длина и ширина раскрытия трещин в основном металле и сварных швах; наличие концентраторов напряжений (узлы, необработанные отверстия, подрезы основного металла); узлы и детали с высокими местными напряжениями; дефекты сварных швов; расслоение металла; глубина и степень коррозионного повреждения элементов; уменьшение размеров поперечного сечения элемента; отклонения элементов от проектной оси; потеря устойчивости элементов (прогибы, выгибы в одной или двух плоскостях); прогибы; уменьшение несущей способности (по любому расчетному сечению).

#### Список литературы

1 Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений. – М. : ФАУ «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве», 2018. – 50 с.

2 **Васильев, А. А.** Оценка остаточного ресурса несущих конструкций / А. А. Васильев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 2 (45). – С. 40–44.

3 **Шмелев, Г. Д.** Систематизация определяющих параметров для прогноза остаточного срока службы строительных конструкций / Г. Д. Шмелев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 8. – С. 89–96.

УДК 624

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Б. Б. ЖАНАЛИЕВ, И. Г. ОВЧИННИКОВ*

*Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация*

В настоящее время железобетонные конструкции широко применяются в транспортном строительстве. Порядка 90 % и более мостовых сооружений выполнены либо из железобетона, либо из предварительно напряженного железобетона, либо же из сталежелезобетона.

Раньше железобетон было принято считать практически вечным материалом с долговечностью порядка 100 и более лет, но к настоящему времени установлено, что срок службы этого материала ограничивается периодом в 30–50 лет, в зависимости от агрессивности условий эксплуатации, наличия той или иной системы защиты. На рисунке 1 приведены примеры повреждений железобетонных конструкций от коррозии.



Рисунок 1 – Коррозионные повреждения железобетонных пролетных строений

Для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений используют методы **первичной и вторичной защиты**, а также специальные меры по ГОСТ 31384, СП 28.13330, СП 229.1325800, СП 72.13330.

Методы первичной защиты включают приемы конструктивного и технологического характера. **Конструктивные мероприятия:** выбор рациональных конструктивных форм, повышающих слитность; выбор вида и класса арматурных сталей; применение дисперсного армирования; назначение толщины защитного слоя с учетом его проницаемости; формулирование более жестких требований по трещиностойкости; ограничение на действующие нагрузки; применение стойких к заданным эксплуатационным условиям бетонов и неметаллической арматуры. **Технологические мероприятия:** выбор коррозионностойких видов цементов; подбор эффективного состава бетона, в том числе