

УДК 69.059

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОДАЧИ И УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Данилов С. В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство», Белорусско-Российский университет, Беларусь, г. Могилев

Москалькова Ю. Г., к.т.н., доцент, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Белорусско-Российский университет, Беларусь, г. Могилев

Зимин С. С., к.т.н., доцент Инженерно-строительного института, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург

Аннотация. Выполнен анализ методов механизации подачи и укладки бетонной смеси при восстановлении и усилении железобетонных колонн. Приведены основные результаты экспериментальной апробации технологических режимов подачи и укладки бетонной смеси шнековым питателем в опалубку конструкции усиления. Даны практические рекомендации по возможности рационального использования шнековых питателей при восстановлении и усилении железобетонных колонн.

Ключевые слова: колонна, усиление, восстановление, механизация подачи бетона, шнековый питатель.

Опыт эксплуатации зданий и сооружений показывает, что в нормальных эксплуатационных условиях большинство конструктивных элементов за установленный нормативный срок службы не исчерпывают физико-механических качеств примененных материалов. Однако из-за неудовлетворительного ухода, нарушения правил технологической и технической сроки службы отдельных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред, сокращаются в несколько раз.

Одним из таких конструктивных элементов, обеспечивающих устойчивость, надежность и несущую способность зданий и сооружений, являются железобетонные колонны, нормативный срок службы которых составляет 70–100 лет [1]. В процессе эксплуатации в агрессивных средах степень физического износа колонн из-за коррозии бетона и арматуры в некоторых случаях достигает 30–50 % и более. При такой степени физического износа (III категория технического состояния – ограниченно работоспособное состояние) в соответствии с [2] восстановление эксплуатационных качеств следует производить с сохранением конструкций путем их усиления, производимого в рамках капитального ремонта.

Актуальность проводимого исследования обусловлена тем, что устройство железобетонных обойм, рубашек, односторонних и двухсторонних наращиваний являются одним из наиболее распространенных способов усиления колонн. При реализации указанных способов бетонные работы является одним из основных видов ремонтно-восстановительных работ [3–7], от качества выполнения которых во многом зависит эффективность совместной работы конструкции усиления с усиливаемой железобетонной колонной [8, 9].

Технология производства бетонных работ включает следующие процессы: приготовление бетонной смеси, подача к месту укладки, укладка и уплотнение, уход за бетоном. Наиболее трудоемким и ответственным процессом является подача и укладка бетонной смеси [9, 10].

В связи со спецификой производства работ (стесненные условия и малый объем), подачу и укладку бетонной смеси в основном производят вручную. Наиболее эффективными средствами механизации при этом являются бетононасосы и винтовые конвейеры.

Применение бетононасосов в связи с их высокой производительностью подачи бетонной смеси [11] и сложностью обслуживания дорогостоящего оборудования возможно только при соответствующем технико-экономическом обосновании и больших объемах бетонных работ, что не характерно для рассматриваемых случаев. Как показывает практика, для подачи небольших объемов бетона в труднодоступные места хорошо себя

зарекомендовали винтовые конвейеры (шнековые питатели), применение которых позволяет механизировать подачу бетонной смеси и сократить сроки производства работ.

Цель проводимого исследования – организационно-технологическое обоснование метода механизации подачи и укладки бетонной смеси в конструкцию усиления и определение рациональной области его применения с минимальными трудовыми и материальными затратами.

Новизна исследований заключается в развитии организационно-технологических решений по механизации подачи и укладки бетонной смеси с использованием шнекового питателя при восстановлении и усилении железобетонных колонн.

Для исследования технологических режимов подачи и укладки бетонной смеси шнековым питателем была изготовлена и применена экспериментальная установка, содержащая поворотную раму с закрепленным на ней рабочим органом в виде винтового шнека, загрузочного бункера, редуктора и электродвигателя мощностью 0,75 кВт (рисунок 1). Техническая характеристика экспериментальной установки приведена в таблице 1.

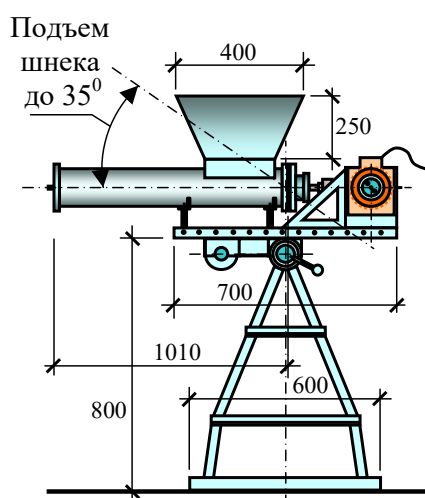


Рисунок 1 – Экспериментальная установка шнекового питателя

Таблица 1 – Техническая характеристика экспериментальной установки

Показатель	Значение
1. Мощность электродвигателя, кВт	0,75
2. Диаметр вала шнека, мм	30
3. Частота электродвигателя, об/мин	28
4. КПД редуктора	0,7
5. Масса, кг	55
6. Длина шнека, мм	1010
7. Ширина, мм	758
8. Высота, мм	1340

В выполняемых исследованиях бетонная смесь приготавливалась на портландцементе (ПЦ) класса 42,5 (активность 468) производства ПРУП «Кричевцементношифер». В качестве крупного заполнителя был использован гранитный щебень фракции до 5 мм, в качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок с объемным весом 1520 кг/м³, модулем крупности 2,2. Для получения смеси с осадкой стандартного конуса 18–20 см согласно [3] был добавлен суперпластификатор С–3 по ТУ 6-36-0204229-625-90, что позволило сократить продолжительность уплотнения смеси в стесненных условиях производства работ. Дозировка суперпластификатора была определена эмпирически. Достигнутая подвижность бетонной смеси (20 см) позволила использовать кратковременную вибрацию (2–4 с) для удаления заземленного воздуха и полного заполнения смесью бетонируемой обоймы.

В процессе создания конструкции усиления использовалась универсальная щитовая опалубка, позволяющая варьировать толщину обоймы от 60 до 100 мм. Щиты опалубки перемещались по высоте колонны, создавая три яруса производства работ. Высота каждого яруса составляла 1 м. Процесс подачи и укладки бетонной смеси в конструкцию обоймы приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Подача и укладка бетонной смеси шнековым питателем в конструкцию усиления

Для оценки эффективности применения предложенного метода производства бетонных работ было также выполнено бетонирование аналогичных конструкций усиления (обойм) вручную. Анализ полученных результатов приведен на рисунке 3.

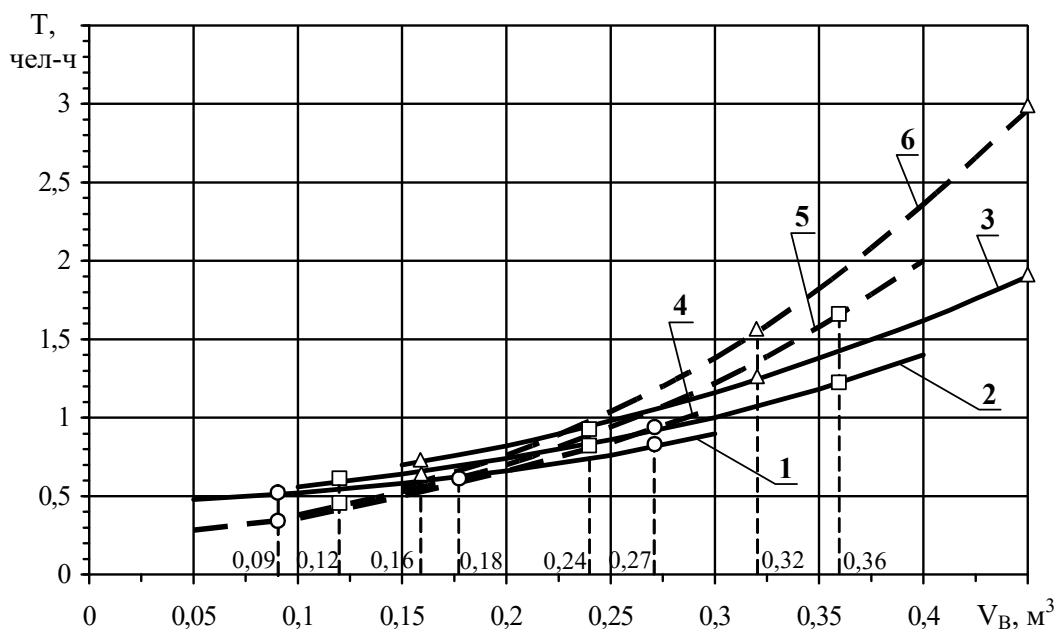


Рисунок 3 – Зависимость трудозатрат от способа бетонирования и конструкции обоймы усиления колонны: 1, 2, 3 – подача и укладка бетонной смеси с помощью шнекового питателя при толщине обоймы усиления колонны соответственно 60, 80, 100 мм; 4, 5, 6 – подача и укладка бетонной смеси вручную при толщине обоймы усиления колонны соответственно 60, 80, 100 мм.

Согласно выполненному анализу (рисунок 3) установлено, что трудоемкость укладки бетонной смеси шнековым питателем при возведении нижнего яруса конструкции усиления

выше на 18–39 %, чем трудоемкость укладки бетона вручную на том же ярусе. Однако трудозатраты на бетонирование верхнего яруса конструкции усиления при помощи шнекового питателя ниже на 17–36 %, чем трудоемкость укладки бетона вручную.

Таким образом, применение шнекового питателя целесообразно при бетонировании верхних ярусов элементов усиления, где укладка бетонной смеси вручную затруднена.

Заключение. Применение шнекового питателя для механизации подачи и распределения бетонной смеси предпочтительно в труднодоступных местах конструкции усиления колонн (железобетонных обойм, рубашек, наращиваний), в том числе при подаче бетонной смеси на высоту более 1,5–2 м и особенно при формировании оголовка усиливаемой колонны.

Литература

1. Руководство по инженерной эксплуатации сооружений и ремонту производственных зданий и сооружений. – М. : «Нефтеком», 1991. – 147 с.
2. Техническое состояние зданий и сооружений : СН 1.04.01-2020. – Введ. 2021–03–23. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 69 с.
3. Аклендер, А. Д. Методы усиления железобетонных колонн / А. Д. Аклендер // Молодой ученый. – № 19 (309). – 2020. – С. 2–5. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/309/69663/>.
4. Мареева, О. В. Оценка эффективности способов усиления железобетонных колонн при реконструкции / О. В. Мареева, А. В. Кловский // Природообустройство. – 2017. – № 2'2017. – С. 33–41. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-sposobov-usileniya-zhelezobetonnyh-kolonn-pri-rekonstruktsii/viewer>.
5. Sirimontreea, S. Experimental Investigations on Strengthened Reinforced Concrete Columns under Monotonic Axial Loading / S. Sirimontreea, S. Keawsawasvong, C. Thongchom, P. Jongvivatsakul, E. Noroozinejad Farsangi // IJE TRANSACTIONS B: Applications. – Vol. 34, No. 05 (May 2021). – 2021. – P. 1124-1131. – <https://doi.org/10.5829/ije.2021.34.05b.06>.
6. Sudha, C. Investigation on the performance of reinforced concrete columns jacketed by conventional concrete and geopolymer concrete / Sudha C., Aakash K. Sambasivan, Kannan Rajkumar P.R., Jegan M. // Engineering Science and Technology, an International Journal. – Vol. 36. – 2022. – 101275. – <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2022.101275>.
7. Mahmoud, K. M. Behavior of partially strengthened reinforced concrete columns from two or three sides of the perimeter / Khaled Mohamed Mahmoud, Ezzaat Ahmed Sallam, Hassan Mohamed Hassan Ibrahim // Case Studies in Construction Materials. – Vol. 17. – 2022. – e01180. – <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01180>.
8. Moskal'kova, Yu. G. Combined Reinforced Concrete Columns Strengthening with Steel Clipping and Concrete Surfacing / Yu. G. Moskal'kova, S. V. Danilov, V. A. Rzhevutskaya // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – Voronezh: VSTU, 2022. – No 2(54). – Pp. 6–19. – <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.54.2.001>.
9. Югов, А. М. Технология и организация работ при усилении монолитных железобетонных пилонов / А. М. Югов, А. С. Томчик // Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – Вып. 2023-6(164). – 2023. – 7 с. – Режим доступа: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2023/2023-6\(164\)/st_09_yugov_tomchik.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2023/2023-6(164)/st_09_yugov_tomchik.pdf).
10. Постовой, А. А. Выбор рационального способа подачи бетонной смеси / А. А. Постовой // Молодой исследователь Дона. – № 6(27). – 2020. – 7 с. – Режим доступа: <http://mid-journal.ru>.
11. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений : СН 1.03.01-2019. – Введ. 2019–11–29. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 123 с.