

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-01>

УДК: 658.561.69.057.5/693.55/69.057.52

МРНТИ: 65.29.25/ 65.41.29/ 65.41.35

Эффективное использование скользящей и переставной опалубки при монолитном строительстве

*¹Бондарь И.С., ¹Мамедова Ж.Э., ¹Әбіржан А.С.¹ALT Университет имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент email: ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Аннотация

В данной статье рассматриваются актуальные вопросы повышения эффективности монолитного железобетонного строительства, которое на сегодняшний день продолжает активно развиваться и занимает всё более значительную долю в общей структуре строительной отрасли. Монолитная технология отличается высокой прочностью, надёжностью, долговечностью и позволяет реализовывать сложные архитектурные решения. Одним из ключевых факторов, влияющих на производительность и качество строительства, является использование современных вспомогательных конструкций — в частности, подвижных и раздвижных опалубок. Их применение позволяет значительно сократить сроки выполнения работ, улучшить точность формообразования конструкций и уменьшить трудоёмкость технологических процессов. Особое внимание в статье уделяется перспективам внедрения высокотехнологичных формовочных систем, изготовленных с применением передового оборудования. Такие системы обеспечивают стабильность геометрии конструкций и соответствие высоким требованиям к качеству железобетона. Также рассматривается возможность применения методов литья под давлением, которые находят всё большее распространение в рамках индустриализации монолитного домостроения. Обосновывается необходимость интеграции новых решений в комплексную технологическую цепочку строительства, что обеспечивает рост производительности и снижение себестоимости. Статья ориентирована на инженеров, проектировщиков, научных сотрудников и других специалистов, интересующихся инновационными подходами к организации монолитного строительства.

Ключевые слова: монолит, монолитно-бетонное строительство, вертикальная подвижная опалубка, современные технологии, железобетон.

Поступила:
13 декабря 2023
Рецензирование:
16 января 2024
Принята в печать:
12 февраля 2025

Бондарь И.С.	Информация об авторах: Кандидат технических наук ВАК РФ, Ph. D МОН РК, ассоциированный профессор (доцент) МНУВО РК, ассоциированный профессор, кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643 . E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru
Мамедова Ж.Э.	Кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Архитектурно-строительная инженерия», ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-4180-3968 . E-mail: mamedova_zh@gmail.ru
Әбіржан А.С.	магистрант образовательной программы 7М07159 – «Транспортные сооружения», кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9225-2112 . E-mail: abirzhan_a@mail.ru

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-01>

ӨОЖ: 658.561.69.057.5/693.55/69.057.52

GTAMP: 65.29.25/ 65.41.29/ 65.41.35

Монолитті құрылыста жылжымалы және ауыспалы қалыптарды тиімді пайдалану***¹Бондарь И.С., ¹Мамедова Ж.Э., ¹Әбіржан А.С.**¹М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті, Алматы қ, Қазақстан*Автор-корреспондент email: ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Мақала келді:
13 желтоқсан 2023
Сараптамадан өтті:
16 қаңтар 2024
Қабылданды:
12 ақпан 2024

Түйіндеме

Бұл мақалада монолитті темірбетон құрылысының тиімділігін арттырудың өзекті мәселелері қарастырылады, ол бүгінгі күні белсенді дамуды жалғастыруда және құрылыс саласының жалпы құрылымында барған сайын маңызды үлесті алады. Монолитті технология жоғары беріктігімен, сенімділігімен, беріктігімен ерекшеленеді және күрделі архитектуралық шешімдерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Құрылыстың өнімділігі мен сапасына әсер ететін негізгі факторлардың бірі — заманауи қосалқы құрылымдарды, атап айтқанда жылжымалы және жылжымалы қалыптарды пайдалану. Оларды қолдану жұмыс уақытын едәуір қысқартуға, құрылымдардың қалыптасу дәлдігін жақсартуға және технологиялық процестердің күрделілігін азайтуға мүмкіндік береді. Мақалада алдыңғы қатарлы жабдықты қолдана отырып жасалған жоғары технологиялық қалыптау жүйелерін енгізу перспективаларына ерекше назар аударылады. Мұндай жүйелер құрылымдардың геометриясының тұрақтылығын және темірбетон сапасына қойылатын жоғары талаптарға сәйкестігін қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, Монолитті үй құрылысын индустрияландыру аясында кеңінен таралған инъекциялық қалыптау әдістерін қолдану мүмкіндігі қарастырылуда. Жаңа шешімдерді құрылыстың кешенді технологиялық тізбегіне біріктіру қажеттілігі негізделеді, бұл өнімділіктің өсуін және өзіндік құнның төмендеуін қамтамасыз етеді. Мақала инженерлерге, дизайнерлерге, ғылыми қызметкерлерге және монолитті құрылысты ұйымдастырудың инновациялық тәсілдеріне қызығушылық танытатын басқа мамандарға бағытталған.

Түйін сөздер: монолит, монолитті темірбетон құрылысы, тік жылжымалы қалып, заманауи технологиялар, темірбетон.

Бондарь И.С.	Авторлар туралы ақпарат: Техника ғылымдарының кандидаты, Ресей Федерациясының Жоғары аттестаттау комиссиясы, ф.ғ.к. D Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, доцент (доцент) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ университетінің «Сәулет-құрылыс инженериясы» кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643 . E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru .
Мамедова Ж.Э.	Техника ғылымдарының кандидаты, "Сәулет-құрылыс инженериясы" кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-4180-3968 . E-mail: mamedova_zh@gmail.ru
Әбіржан А.С.	Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ университеті «Сәулет-құрылыс инженериясы» кафедрасы 7M07159 – «Көлік құрылымдары» білім беру бағдарламасының магистранты, Алматы қ., Қазақстан Республикасы. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9225-2112 . E-mail: abirzhan_a@mail.ru

Technical Sciences. Architecture and Construction

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-01>

UDC: 658.561.69.057.5/693.55/69.057.52

IRSTI: 65.29.25/ 65.41.29/ 65.41.35

Efficient use of sliding and adjustable formwork in monolithic construction***¹Bondar I.S., ¹Mammadova J.E., ¹Abirzhan A.S.**¹ALT University named after M. Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan*Corresponding author email: ivan_sergeevich_08@mail.ru

Received:
13 December 2023
Peer-reviewed:
16 January 2024
Accepted:
12 February 2024

Abstract

This article discusses current issues of improving the efficiency of monolithic reinforced concrete construction, which continues to develop actively today and occupies an increasingly significant share in the overall structure of the construction industry. Monolithic technology is characterized by high strength, reliability, durability and allows for the implementation of complex architectural solutions. One of the key factors affecting the productivity and quality of construction is the use of modern auxiliary structures, in particular, movable and sliding forms. Their use can significantly reduce the time required to complete work, improve the accuracy of shaping structures and reduce the complexity of technological processes. The article pays special attention to the prospects of introducing high-tech molding systems manufactured using advanced equipment. Such systems ensure the stability of the geometry of structures and compliance with high quality requirements for reinforced concrete. The possibility of using injection molding methods, which are becoming more widespread as part of the industrialization of monolithic housing construction, is also being considered. The necessity of integrating new solutions into the complex technological chain of construction is substantiated, which ensures productivity growth and cost reduction. The article is aimed at engineers, designers, researchers and other specialists interested in innovative approaches to the organization of monolithic construction.

Keywords: monolit, monolithic concrete construction, vertical movable formwork, modern technologies, concrete.

Bondar I.S.	Information about authors: Candidate of Technical Sciences, Higher Attestation Commission of the Russian Federation, Ph. D Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor (Associate Professor) of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor, Department of Architectural and structural engineering, ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7376-5643 . E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru
Mammadova J.E.	Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Architectural and Construction Engineering, Mukhamedzhan Tynyshpayev ALT University, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-4180-3968 . E-mail: mamedova_zh@gmail.ru
Abirzhan A.S.	Master's student of the educational program 7M07159 – "Transport Structures", Department of "Architectural and structural engineering", ALT Mukhamedzhan Tynyshpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-9225-2112 . E-mail: abirzhan_a@mail.ru

Введение

В настоящее время железобетон является основным и наиболее востребованным материалом, применяемым в жилищно-гражданском и иных видах строительства. Строительство зданий и сооружений из монолитного железобетона охватывает всё новые области и направления, становится признаком современного строительства. Технология доказала свою конкурентоспособность, мобильность, эффективность и успешно реализуется при круглогодичном производстве работ [1].

На протяжении всего развития технологии железобетона продолжают научно-технические разработки, способствующие распространению железобетонных конструкций, повышению эффективности их производства и эксплуатации. С одной стороны, ведутся работы по улучшению состава самого бетона и использования в нем стальной арматуры или ее заменителей, с другой стороны, эффективность использования опалубки как никогда актуальна [2]. Приведем примеры недавно опубликованных результатов разработки ультралегких бетонов для монолитного строительства [3], конструкций из фибробетонов сборно-монолитных конструкций для уменьшения веса с одновременным сокращением потребности в опалубочных конструкциях, а также изменений конструкций самой опалубки [4] и состава бетона.

С этой же целью проведены исследования, в результате которых стала возможной более ранняя распалубка для увеличения оборачиваемости индустриальной опалубки перекрытий фирмы Perі [5]. Такие инновации не только сокращают сроки возведения, но и снижают его себестоимость за счет приобретения меньшего комплекта опалубки или ее аренды на меньший срок [6]. Опыт применения современной системной опалубки показывает, что стоимость ее комплекта под один кран уже, как правило, на 35–40% выше стоимости самого крана [7], а применительно к стоимости готовой бетонной конструкции колеблется от 40 до 60% [8]. Поэтому целесообразно ускорение оборачиваемости опалубки, в том числе и путем рационального выбора комплекта, а также совмещения и продолжительности технологических процессов с ее использованием [9].

Оборачиваемость системы, ее универсальность и возможность применения в разных проектах, инженерный подход к техническому решению, который предусматривает грамотную «привязку» комплекта с разбивкой на захватки по бетонированию (с учетом сроков строительства), перенос комплекта опалубки с одного объекта на другой, инженерное сопровождение – основные критерии, которыми руководствуется заказчик в выборе опалубки [10].

Методы

В работе использовались аналитические и сравнительные методы исследования, основанные на инженерном анализе технологий монолитного строительства с применением скользящей и объемно-переставной опалубки. Оценка производственной эффективности производилась на основе временных характеристик строительного цикла, оборачиваемости опалубки, трудозатрат, а также конструктивных и планировочных особенностей зданий.

Для подтверждения практической эффективности были исследованы реальные объекты строительства, включая 10-этажный жилой дом и общежитие. Изучался процесс бетонирования ядра жёсткости с применением скользящей опалубки, а также технология использования объемно-переставной опалубки при возведении стен и перекрытий. Дополнительно рассматривались сезонные условия строительства, в частности, технологии зимнего бетонирования.

В расчетах использованы циклограммы строительного процесса, формулы расчета продолжительности отдельных этапов, а также параметры скорости подъема опалубки, модуль цикличности и технологические перерывы. Данные сопоставлялись с нормативными показателями и требованиями к качеству готовых железобетонных конструкций. Практика строительства жилых домов из монолитного железобетона показала, что решающим условием эффективности возведения таких зданий является выбор типа индустриальной опалубки, кото-

рый производится в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных характеристик жилых домов. Скользящая опалубка целесообразна при возведении точечных зданий (площадь застройки $400 \div 600 \text{ м}^2$) значительной этажности.

Ее достоинством является то, что ее монтируют и демонтируют один раз, что позволяет на 25% повысить темп производства бетонных работ по сравнению с использованием объемно-переставной опалубки.

При строительстве жилых домов скользящую опалубку принимают только при возведении вертикальных ограждающих конструкций. Это позволяет очень быстро и экономично возводить элементы пространственной жесткости многоэтажных зданий.

Технология скольжения опалубки оказывает большое влияние на формирование конструктивных решений здания и ставит следующие основные условия: сохранение одинаковой толщины стен; применение небольшого количества отверстий в стенах; возведение зданий большой высоты; безостановочное движение опалубки вверх; поддержание определенной установленной скорости подъема опалубки в зависимости от вида бетона и температуры наружного воздуха.

Опыт строительства показал, что применение скользящей опалубки для возведения жилых домов с различными объемно-планировочными характеристиками в значительной степени ограничивается из-за большой трудоемкости устройства междуэтажных перекрытий, балконов, лоджий.

Объемно-переставную опалубку [11,12] применяют для возведений зданий значительной протяженности в плане с большой площадью застройки ($600 \div 3000 \text{ м}^2$) различной этажности.

Система объемно-переставной опалубки позволяет в едином технологическом цикле возводить ограждающие конструкции стен и перекрытия и требует от проектировщиков и строителей применения минимального количества типоразмеров помещений здания; укрупнения сборных элементов, монтируемых одновременно с возведением монолитных конструкций. Кроме того, высота всех этажей должна соответствовать имеющейся у строителей оснастке и в пределах одного здания должна быть одинаковой. Здания следует проектировать простыми по конфигурации в плане, без закруглений и изгибов, с минимальным шагом (пролетом) между монолитными железобетонными стенами – $2,5 \div 3 \text{ м}$ [13].

Достоинством объемно-переставной опалубки является то, что в едином строительном потоке по возведению монолитных конструкций здания можно монтировать сборные санитарно-технические кабины, лифтовые шахты, укрупненные панели или блоки наружных стен, крупноразмерные внутрикомнатные перегородки, междуэтажные перекрытия и т. д.

Положительные качества скользящей и объемно-переставной опалубки можно взаимно использовать при возведении зданий с ядром жесткости. К жилым домам с ядром жесткости относятся здания, в которых отдельно выделенные конструкции лестничной клетки, лифтовых шахт, мусоропроводов имеют малую площадь и объем и потому использование объемно-переставной опалубки для бетонирования монолитных конструкций затруднительно.

Для бетонирования монолитных конструкций ядра жесткости 1 (рис. 1) используют скользящую опалубку, а для возведения остальных стен 2 и 3, находящихся вокруг ядра, применяют объемно-переставную опалубку.

Объектный поток по возведению монолитных зданий (рис. 2) состоит из шести специализированных потоков: I – разработка котлована; II – устройство фундаментов; III – возведение ядра в скользящей опалубке; IV – устройство стен и перекрытий в объемно-переставной опалубке; V – отделочные работы; VI – устройство кровли.

Строительство зданий при совместном использовании скользящей и объемно-переставной опалубки – комплексный технологический поток, в котором основным организующим звеном является возведение монолитных конструкций стен и перекрытий.

Специализированный поток III по возведению ядра жесткости в скользящей опалубке состоит из трех частных потоков (рис. 2):

- а) монтаж скользящей опалубки;
- б) бетонирование стен ядра жесткости и установка и монолитных площадок и маршей;
- в) демонтаж скользящей опалубки.

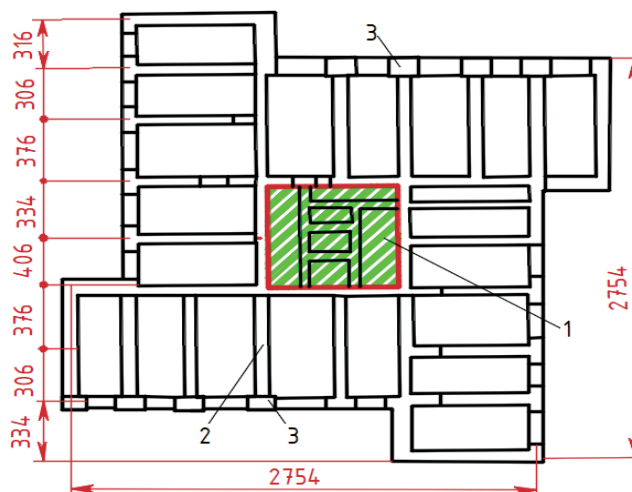


Рисунок 1. Ядро жесткости монолитных конструкций [материал автора]

Специализированный поток IV по возведению конструкций здания в объемно-переставной опалубке состоит из шестичастных потоков: устройство наружных стен, установка объемно-переставной опалубки, бетонирование стен, армирование перекрытий, бетонирование перекрытий, демонтаж объемно-переставной опалубки [13-15].

Для обеспечения поточности в каждом специализированном потоке здание делится на захватки. При бетонировании стен в скользящей опалубке в качестве захватки используют типовой этаж, а при возведении монолитных конструкций в объемно-переставной опалубке – отсеки или секции типового этажа.

До начала работ по возведению ядра жесткости в скользящей опалубке необходим период времени по обеспечению фронта работ для монтажа скользящей опалубки (см. рис. 2):

$$T_n = T_1 + T_2 \quad (1)$$

где T_1 – общая продолжительность работ при рытье котлована;

T_2 – продолжительность периода устройства фундаментов:

$$T_1 = (m_1 + n_1 - 1)k + t_1 \quad (2)$$

$$T_2 = (m_2 + n_2 - 2)k + t_2 \quad (3)$$

Следовательно, $T_n = (m + m_1 \sum n - 2)k + \sum t_n$,

где m_1 – число захваток при разработке котлована; m – число захваток при возведении фундаментов;

n_1 – число частных потоков при разработке котлована;

n_2 – число частных потоков при устройстве фундаментов;

t_1 – продолжительность технологических перерывов при разработке котлована;

t_2 – продолжительность технологических перерывов при устройстве фундаментов;

$\sum n$ – число частных потоков при возведении подземной части здания;

$\sum t$ – технологические перерывы при возведении подземной части здания; k – модуль цикличности потока.

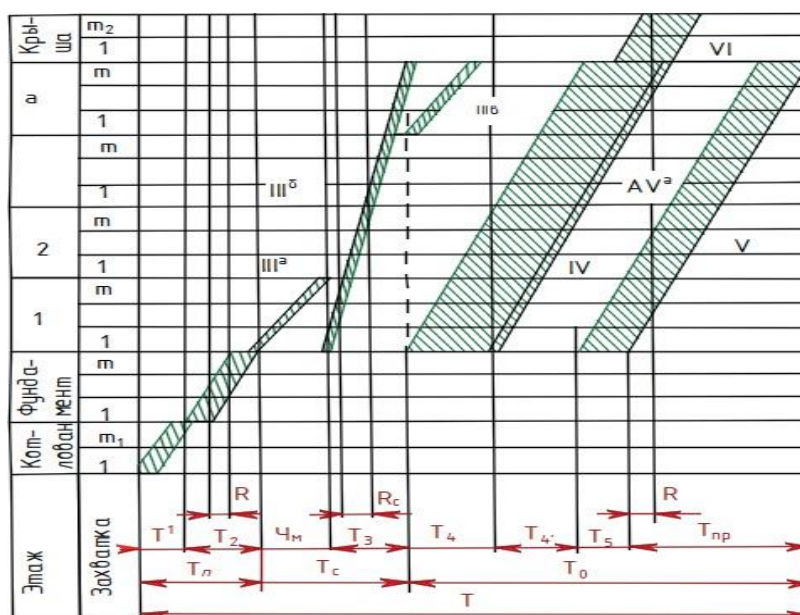


Рисунок 2. Объектный поток по возведению монолитных зданий [материал автора]

После окончания всех работ по устройству фундаментов приступают к монтажу скользящей опалубки ядра жесткости здания. Особое внимание уделяют точности разбивки контура скользящей опалубки. Точной разбивкой достигается не только соблюдение размеров и форм ядра жесткости, но и возможность обнаружить и предупредить деформации во время скольжения.

Для сокращения продолжительности монтажа скользящей опалубки можно параллельно с работами по устройству фундаментов на стройплощадке вести сборку щитов опалубки в укрупненные блоки, которые затем устанавливают на фундамент при помощи башенного крана. После проверки правильности монтажа щитов скользящей опалубки устанавливают домкратные рамы, собирают верхнюю рабочую площадку, монтируют гидросистемы и контрольные устройства.

Результаты

Анализ технологии применения скользящей опалубки при строительстве 10-этажного жилого дома показал, что непрерывное бетонирование ядра жесткости позволяет достичь высокой скорости возведения — до 25 см/ч при равномерной подаче бетонной смеси. Применение гидравлической системы ОГД-61 обеспечило стабильное скольжение опалубки, сохраняя её горизонтальность и предотвращая деформации.

Использование объемно-переставной опалубки при строительстве общежития дало положительный эффект в части сокращения трудозатрат (8,48 чел-ч на 1 м²), возможности армирования, установки инженерных блоков и перегородок в едином потоке. Интеграция пильных известняковых блоков в наружные стены позволила снизить массу здания на 10% и уменьшить сметную стоимость на 9%.

Применение комбинированной технологии обеспечило оптимальную организацию строительного потока и минимизацию перерывов между этапами. Циклограмма показала, что при правильной последовательности выполнения работ, общая продолжительность возведения здания может быть сокращена на 10–15% по сравнению с традиционными методами.

При строительстве 10-этажного жилого дома, для возведения ядра здания использовали металлическую скользящую опалубку со щитами высотой 100 см, гидравлические домкраты типа ОГД-61 и насосную станцию ПНС – 2.

После выполнения всех операций, связанных с монтажом скользящей опалубки, проверок ее готовности и исправности начинают возводить стены ядра жесткости здания. Эти работы выполняются непрерывно в три смены по 8 ч. Укладку бетона в стены начинают с заполнения опалубки бетоном до высоты 80÷90 см в течение 2÷3 ч. Бетон укладывают равномерными слоями толщиной 15÷20 см, не начиная укладку нового слоя до тех пор, пока первый слой не будет разложен по всему контуру стен ядра. Бетонную смесь уплотняют глубинными вибраторами.

После того как опалубка заполнена на 80÷90 см, через 3÷4 ч с момента укладки первого слоя при помощи гидросистемы, в состав которой входят гидродомкраты, насосная станция и гидроразводка, начинают подъем и скольжение опалубки. Параллельно со скольжением опалубки заполняют ее бетонной смесью равномерными слоями толщиной 10÷15 см. При возведении стен ядра 10-этажно-го жилого дома, применяли бетон М-200 с осадкой стандартного конуса 6÷8 см. В начальный период во время скольжения особое внимание уделяют регулировке подъемной установки, учитывая работу каждого домкрата под нагрузкой и следя, чтобы скользящая опалубка постоянно находилась в горизонтальном положении.

Одновременно с укладкой бетонной смеси устанавливают арматуру, закладные детали и дверные коробки.

Скорость подъема опалубки зависит от вида укладываемого бетона и температуры наружного воздуха и составляет 5÷25 см/ч с шагом домкратов 2,5÷3,5 см при каждом подъеме.

После возведения монолитных стен ядра демонтируют скользящую опалубку: первоначально – гидравлическую систему и вспомогательное оборудование, затем домкратные рамы, рабочие площадки и щиты.

Исходя из условий непрерывного бетонирования скользящей опалубке и максимальной загрузки башенных кранов, возведение монолитных конструкций здания объемно – переставной опалубке необходимо начинать только после полного завершения работ по бетонированию ядра жесткости.

Из циклограммы (см. рис. 2) видно, что между окончанием работ специализированного потока II по устройству фундаментов и началом специализированного потока IV по возведению коробки здания в объемно-переставной опалубке необходим период времени. Тс, связанный с завершением работ по бетонированию ядра здания в скользящей опалубке:

$$T_c = T_m + T_z \quad (4)$$

где T_m – продолжительность монтажа скользящей опалубки;

T_z – продолжительность периода скольжения. Продолжительность работ по скольжению опалубки определяется из выражения:

$$T_z = akc + tc \quad ((5)$$

где a – число этажей здания;

kc – модуль цикличности потока по бетонированию стен в скользящей опалубке;

tc – технологические перерывы при скольжении опалубки. Подставив значение (3) в формулу (2), получим:

$$T_z = \tau_m + akc + tc \quad (6)$$

Работы по демонтажу скользящей опалубки (частный поток II б) могут выполняться параллельно с работами по бетонированию объемно-переставной опалубке. Для бетонирования стен в объемно-переставной опалубке применена технология производства работ [14], при которой демонтаж опалубочных секций ведут через проемы, оставленные в перекрытиях. При этом способе работ монолитные железобетонные перекрытия не устраивают над од-

ной из секций объемно-переставной опалубки, образуя так называемый технологический проем, который после демонтажа объемно-переставной опалубки перекрывают сборными железобетонными плитами. Оставленный технологический проем является особым конструктивным решением, так как он служит не только для извлечения через него секций объемно-переставной опалубки, но и для подачи внутрь забетонированных помещений санитарно-технических кабин, перегородок, столярных изделий, материалов для полов, санитарно-технических заготовок и т. д.

Применение этой технологии работ позволяет одновременно с бетонированием внутренних стен возводить и наружные, применяя для этого такой дешевый местный строительный материал, как пыльные известняки - котелец.

Для этого перед началом установки объемно-переставной опалубки монтируют наружные стены из виброкаменных простеночных и подоконных блоков, которые формуют непосредственно в карьере по добыче известняка и транспортируют к месту производства работ на панелевозе. Применение таких блоков уменьшает массу здания на 10% и снижает сметную стоимость строительства на 9%.

При строительстве общежития использовали объемно-переставную опалубку, разработанную инженерами СУ-135. Опалубка представляет собой объемную П-образную форму размером на помещение. Для удобства монтажа и демонтажа она разделена на секции, которые соединены между собой накладными болтами. Секция опалубки состоит из двух вертикальных щитов для бетонирования стен и горизонтального щита для бетонирования перекрытия. П-образная опалубочная форма опирается на пространственную раму.

Работы по армированию стен, установке закладных деталей и столярных изделий производят в одном потоке параллельно с монтажом объемно-переставной опалубки. Подача и распределение бетонной смеси выполняются башенным краном с бадьей.

Стены на высоту 2,68 м бетонировать за шесть циклов. Бетонную смесь укладывают слоями толщиной не более 50 см и тщательно уплотняют глубинными вибраторами, а при бетонировании перекрытий – плоскостными вибраторами.

К демонтажу объемно-переставной опалубки можно приступать только после достижения бетоном перекрытий прочности не менее 70 кгс/см².

В зимнее время стены и перекрытия бетонировать с прогревом воздуха внутри забетонированных помещений и изоляцией бетонных поверхностей перекрытий от низких температур наружного воздуха. Для этого при укладке бетонной смеси в объемно-переставную опалубку оконные проемы в наружных стенах закладывали инвентарными щитами, поверхность свежееуложенного бетона перекрытий закрывали пленкой и камышовыми щитами, внутри забетонированных помещений поддерживали постоянную положительную температуру при помощи электрокалориферов.

Общая трудоемкость работ по возведению коробки здания в объемно-переставной опалубке составляет 8,48 чел-ч на 1 м² общей площади здания.

Продолжительность производственного цикла возведения коробки здания в объемно-переставной опалубке определяют из выражения:

$$T_4 = n_4 k + t_4 \quad (7)$$

где n_4 – число частных потоков при производстве работ в объемно-переставной опалубке;

t_4 – технологические перерывы в четвертом специализированном потоке.

Для улучшения качества бетонных поверхностей стен и сокращения продолжительности работ свежееотформованные поверхности монолитных железобетонных стен сразу же после демонтажа объемно-переставной опалубки подвергают механизированной затирке электрозаточными машинами (частный поток IVa).

Из циклограммы видно, что между окончанием работ четвертого и началом пятого потока на одной и той же захватке необходим период времени по обеспечению фронта работ для выполнения отделочных работ [12-15]. Продолжительность этого периода определяют из выражения:

$$T_4 = 2mk \quad (8)$$

где m – число захваток здания;

2 – число надежно замонтированных перекрытий, под защитой которых можно начинать отделочные работы.

Технологический цикл отделочных работ подсчитывают по формуле:

$$T_5 = (n_5 - k + t_5) \quad (9)$$

где n_5 – число частных потоков при выполнении отделочных работ; t_5 – технологические перерывы при производстве отделочных работ. Производственный цикл объектного потока вычисляют так:

$$T_{np} = amk \quad (10)$$

Работы по устройству кровли VI выполняют сразу же после окончания всех работ по возведению коробки здания.

Общая продолжительность работ по возведению здания в объемно-переставной опалубке составит:

$$T_0 = T_4 + T_5 + T_{np} \quad (11)$$

или, подставив значение (5), (6), (7), (8), получим

$$T_0 = k[m(a + 2) + \sum n_0 - 1] + \sum t_0 \quad (12)$$

где $\sum n_0$ – количество частных потоков в четвертом и пятом специализированном потоках;

$\sum t_0$ – технологические перерывы в IV и V специализированных потоках.

Общая продолжительность работ по возведению здания с ядром жесткости выразится формулой:

$$T = T_n + T_c + T \quad (13)$$

или

$$T = T_n + T_c + T \quad (14)$$

$$T = k[m(a + 3) + m + \sum n - 3] + \tau + ak + \sum t. \quad (15)$$

Обозначив $k_c = ck$, где c – коэффициент кратности циклов, получим:

$$T = k[m(a + 3) + ca + m + \sum n - 3] + \tau m + t \quad (16)$$

Обсуждение

Результаты проведенных исследований и практического применения технологий скользящей и объемно-переставной опалубки подтверждают эффективность их комбинированного

использования при строительстве монолитных зданий. При соблюдении технологической последовательности и грамотной организации работ, можно достичь значительного ускорения строительного процесса за счёт параллельного выполнения потоков. Это особенно важно в условиях плотной городской застройки, где сроки и ресурсы ограничены.

Особое значение имеет рациональный выбор типа опалубки в зависимости от проектных характеристик здания. Применение скользящей опалубки при возведении ядра жёсткости обеспечивает непрерывность бетонирования, что способствует повышению прочностных характеристик конструкций. В то же время, использование объемно-переставной опалубки позволяет выполнять работы по стенам и перекрытиям с высокой степенью индустриализации и снижением трудозатрат.

Полученные данные доказывают, что интеграция этих технологий позволяет повысить оборачиваемость опалубки, минимизировать простои строительной техники и оптимизировать логистику строительной площадки. Практика также показала, что внедрение местных строительных материалов, таких как известняковые блоки, способствует снижению затрат без ущерба для качества.

Выводы

В заключении следует отметить, что при комбинированном использовании скользящей и объемно-переставной опалубки сокращаются сроки строительства зданий и уменьшается стоимость строительства до 3%; упрощается геодезический контроль возведения зданий в объемно-переставной опалубке; уменьшается количество типоразмеров объемно-переставной опалубки; сокращается технологический цикл использования объемно-переставной опалубки.

Возведенное ядро жесткости здания можно использовать в качестве мест установки прожекторов для освещения стройплощадки в ночное время.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Бондарь ИС, Мамедова ЖЭ, Әбіржан АС. Эффективное использование скользящей и переставной опалубки при монолитном строительстве. Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyryn Khabarshysy. 2024;1(5):6-18. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-01>

Cite this article as: Bondar IS, Mammadova ZhE, Abirzhan AS. Effektivnoe ispol'zovanie skol'zyashchej i perestavnoj opalubki pri monolitnom stroitel'stve [Effective use of sliding and adjustable formwork in monolithic construction]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyryn Khabarshysy. 2024; 1(5):6-18. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-01>

Литература

- [1] Марковский М.Ф. Современные технологии возведения монолитных конструкций в опалубочных системах. Труды конференции III Международного симпозиума: Минсктип-проект. Минск, Беларусь, 2011. 1–13.
- [2] Sekar A.L., Murugesan B., C.N.V.S. Rao. Formwork – Future Approach in India. The Master-builder. 2012; 14(5):36-43.
- [3] Yu Q.L., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Design of Ultra-lightweight Concrete: towards Monolithic Concrete Structures. ВестникМГСУ. 2014; 4:98-106.
- [4] Awwadi Al., Ghaib M., Gorski J. Mechanical properties of concrete cast in fabric formworks. Cement and concrete research. 2001; 31(10):1459-1465.
- [5] Никоноров С.В., Тарасова О.А. Технология раннего нагружения монолитных перекрытий при использовании балочно-стоечной опалубки. Инженерно - строительный журнал. 2010; 4(14):17-20.

- [6] Prabhakar M.K. Formwork Industry: Intense Competition Ensures Industry's Excellent Form. The Masterbuilder. 2013; 14(7):25-31.
- [7] Галумян А.В. Методика выбора опалубки при скоростном строительстве жилых зданий из монолитного железобетона. *Бетон и железобетон*. 2009;2:6-9.
- [8] Robert H. Lab, Jr., P.E. Think Formwork - Reduce Costs. Structural magazine. 2007; :46-54. (in Eng.).
- [9] Sameer S. Malvankar Dy. Factors Affecting the Selection, Economics Involved in Formwork. The Masterbuilder. 2013; 15(7):14-23.
- [10] Воронова В. Какую опалубку выбираем? Строительство. 2008; 5:190-191.
- [11] Соргутов И.В. Технология применение скользящей опалубки при возведении монолитных железобетонных зданий. Системные технологии. 2021; 40:36-42.
- [12] Капшук О.А., Шалённый В.Т. Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем. Инженерно - строительный журнал. 2014; 7:80-111. doi: 10.5862/MCE.51.10.
- [13] Пономарева Ю.А., Ляхов В.М., Жильникова Т.Н. Разновидности опалубочных систем для каркасно-монолитного строительства. Инженерный вестник Дона. 2021; 3:1-9.
- [14] Набокова Я.С. Эффективные строительные материалы и способы возведения зданий. Инженерный вестник Дона. 2008; 4:2-5.
- [15] Хряпченкова И.Н., Зотов Д.С. Сравнение автоматизированных опалубочных систем, применяемых для возведения ядер жесткости высотныхзданий. StudNet. 2021; 6:2096-2109.

References

- [1] Markovskiy MF. Sovremennyye tehnologii vozvedeniya monolitnyih konstruksiy v opalubochnyih sistemah [Modern construction technology of monolithic structures in formwork systems]. Trudy konferencii III Mezhdunarodnogo simpoziuma: Minsktippprojekt. [Proceedings of the Conference III International Symposium: Minsktippproject]; Minsk, Belarus. 2011, p.1–13 (in Russ.)
- [2] Sekar AL., Murugesan B, Rao CNVS. Formwork – Future Approach in India. The Masterbuilder. 2012; 14(5):36-43.
- [3] Yu QL, Spiesz P, Brouwers HJH. Design of Ultra-lightweight Concrete: towards Monolithic Concrete Structures. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta = Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering. 2014; 4:98-106.
- [4] Awwadi Al, Ghaib M, Gorski J. Mechanical properties of concrete cast in fabric formworks. Cement and concrete research. 2001; 31(10):1459-1465.
- [5] Nikonorov SV, Tarasova OA. Tekhnologiya rannego nagruzheniya monolitnyh perekrytij pri ispol'zovanii balochno-stoechnoj opalubki [Technology of early loading of monolithic floors when using beam-rack formwork]. Inzhenerno - stroitel'nyj zhurnal = Engineering and construction journal. 2010; 4(14):17-20. (in Russ.)
- [6] Prabhakar MK. Formwork Industry: Intense Competition Ensures Industry's Excellent Form. The Masterbuilder. 2013; 14(7):25-31.
- [7] Galumyan AB. Metodika vybora opalubki pri skorostnom stroitel'stve zhilyh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona [The method of choosing formwork for high-speed construction of residential buildings made of monolithic reinforced concrete]. Beton i zhelezobeton = Concrete and reinforced concrete. 2009; 2:6-9. (in Russ.).
- [8] Robert H Lab, Jr., P.E. Think Formwork - Reduce Costs. Structural magazine. 2007; 46-54.
- [9] Sameer S, Malvankar Dy. Factors Affecting the Selection, Economics Involved in Formwork. The Masterbuilder. 2013; 15(7):14-23.
- [10] Voronova V. Kakuyu opalubku vybiraem? [Which formwork do we choose?]. Stroitel'stvo = Construction. 2008; 5:190-191. (in Russ.)
- [11] Sorgutov IV. Tekhnologiya primeneniye skol'zyashchej opalubki pri vozvedenii monolitnyh zhelezobetonnyh zdaniy [Technology the use of sliding formwork in the construction of

- monolithic reinforced concrete buildings]. *Sistemnye tekhnologii* = System technologies. 2021; 40:36-42. (in Russ.)
- [12] Kapshuk OA, SHalyonnyj VT. Tekhnologichnost' raznovidnostej sovremennyh razbornoperestavnyh opalubochnyh system [Adaptability of modern collapsible shuttering systems]. *Inzhenerno - stroitel'nyj zhurnal* = Engineering and construction journal. 2014; 7:80-111. [doi: 10.5862/MCE.51.10](https://doi.org/10.5862/MCE.51.10). (in Russ.)
- [13] Ponomareva YuA, Lyahov VM, ZHil'nikova TN. Raznovidnosti opalubochnyh sistem dlya karkasno-monolitnogo stroitel'stva [Types of formwork systems for frame-monolithic construction]. *Inzhenernyj vestnik Dona* = Engineering Bulletin of the Don. 2021; 3:1-9. (in Russ.)
- [14] Nabokova YaS. Effektivnye stroitel'nye materialy i sposoby vozvedeniya zdaniy [Effective building materials and methods of building construction]. *Inzhenernyj vestnik Dona* = Engineering Bulletin of the Don. 2008; 4:2-5. (in Russ.)
- [15] Hryapchenkova IN, Zotov DS. Sravnenie avtomatizirovannyh opalubochnyh sistem, primenyaemyh dlya vozvedeniya yader zhestkosti vysotnyh zdaniy [Comparison of automated formwork systems used for the construction of rigidity cores of high-rise buildings]. *StudNet*. 2021; 6:2096-2109. (in Russ.)