СРАВНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЯДЕР ЖЕСТКОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

COMPARISON OF AUTOMATED FORMWORK SYSTEMS USED TO ERECT HIGH-RISE BUILDING HARDNESS CORES

УДК 69.057.52

Хряпченкова Ирина Николаевна, профессор, доктор философских наук, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительства, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород
e-mail: iriina-xr@mail.ru
Зотов Дмитрий Сергеевич, магистрант, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород
e-mail: d1mazotov@mail.ru

Khryapchenkova Irina Nikolaevna, Professor, Doctor of Philosophy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Construction Technology, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction, Nizhny Novgorod
e-mail: iriina-xr@mail.ru
Zotov Dmitry Sergeevich, undergraduate, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction, Nizhny Novgorod
e-mail: d1mazotov@mail.ru

Аннотация

Постоянно растущий прогресс и развивающиеся технологии предоставляют право выбора из множества вариантов современных индустриальных систем, используемых в строительстве, выбрать наиболее выгодную и подходящую.

В представленной статье проведено сравнение основных вопросов и критериев современных автоматизированных опалубочных систем – скользящей и самоподъемной, применяемых при возведении ядер жесткости уникальных высотных объектов, зданий и сооружений.

Цель. Рассмотреть и проанализировать основные критерии сравнения скользящей и самоподъемной опалубочных систем. Выделить преимущества и недостатки. Сравнить опалубки на этапе монтажа.

Annotation

Ever-increasing progress and emerging technologies offer the right to choose from among the many options of modern industrial systems used in construction, to choose the most profitable and appropriate.

The presented article compares the main issues and criteria of modern automated formwork systems - sliding and self-lifting, used in the construction of stiffness cores of unique high-rise objects, buildings and structures.

Purpose. Review and analyze the main criteria for comparing sliding and self-lifting formwork systems. Highlight the advantages and disadvantages. Compare formwork during erection.

Ключевые слова: современные опалубочные системы, скользящая опалубка, самоподъемная опалубка, возведение ядра жёсткости, сравнение опалубок, автоматизированная опалубка.

Keywords: modern formwork systems, sliding formwork, self-lifting formwork, construction of hardness core, comparison of formwork, automated formwork.

Введение

В современном строительстве, при возведении ядер жесткости уникальных высотных объектов, все чаще применяют автоматизированные опалубочные системы – скользящую и самоподъемную. Принцип действия их имеет очень много общего, но также присутствуют принципиально различающиеся моменты, которые заслуживают отдельного внимания.

Основной идеей данной работы является сравнение опалубок по главным критериям с целью получения рационального результата по выбору той или иной опалубочной системы со снижением трудозатрат и общей продолжительности строительства объекта.

Общие критерии сравнения. Несомненно, выбор опалубочной системы для каждого конкретного объекта должен быть согласован проектной и подрядной организациями на начальном этапе проектирования. В рамках данной работы рассмотрим некоторые из факторов, влияющие на выбор автоматизированных опалубочных систем.

Таблица 1. Факторы, влияющие на выбор автоматизированной опалубочной системы

Предмет сравнения	Скользящая опалубка	Самоподъемная опалубка
Высота возводимого объекта	от 25 до 200 метров	От 40 метров
Качество бетонной поверхности	Черновая отделка (возможны срывы бетона)	Чистовая отделка
Время цикла	5-7 дней/этаж	5-7 дней/этаж
Снятие опалубки	Опалубка снимается в конце проекта	Опалубка оснащена специальным механизмом
Оборачиваемость, циклы	50-100	Минимум 30
Необходимость наличия свободного пространства для подъемного оборудования	Для работы крана должно быть обеспечено минимальное свободное пространство	Система может использоваться при ограниченном свободном пространстве
Использование крана	Кран используется только для доставки материалов. Подъем опалубки осуществляется гидравлическими или электрическими домкратами	Крановое время сводится к минимуму. Подъем осуществляется гидравлическими или электрическими домкратами

Для того чтобы оценить эффективность представленных технологий проведем сравнение преимуществ и недостатков применения автоматизированных опалубочных систем в высотном строительстве.

Монтаж опалубочной системы. Монтаж скользящей опалубки осуществляется сразу на монолитной плите, в то время как для монтажа самоподъемной опалубки необходимо возвести первую захватку в щитовой опалубке, что приводит к дополнительным трудовым затратам и увеличивает продолжительность выполнения работ.

Рабочие холодные швы. При применении скользящей опалубки рабочие холодные швы отсутствуют благодаря ее непрерывному движению, в отличие от бетонирования в самоподъемной опалубке.

Отверстия от стяжных болтов. При использовании скользящей опалубки в забетонированных конструкциях не остается отверстий от стяжных болтов, в то время как применение самоподъемной опалубки влечет за собой наличие отверстий от стяжных болтов в конструкциях в связи с использованием традиционных опалубочных систем в качестве формообразующих.

Возведение наклонных конструкции. Применение самоподъемной опалубки позволяет возводить конструкции с углом наклона до 25°, в то время как скользящая опалубка позволяет возводить только вертикально ориентированные конструкции.

Качество поверхности. При использовании скользящей системы в процессе подъема опалубки возможны срывы бетона, что приводит к дополнительным трудовым затратам по устранению дефектов. В то время как применение самоподъемной опалубки обеспечивает высокое качество поверхности конструкций.

Интегрирование с бетонораспределительной стрелой. Самоподъемная опалубка имеет возможность интегрирования с бетонораспределительной стрелой, которая вместе со всей опалубкой с помощью гидравлических цилиндров за один проход поднимается на следующий ярус бетонирования.

Складирования материалов. Рабочие площадки самоподъемной опалубки выдерживают большие нагрузки, что позволяет осуществлять на них складирование материалов. Рабочие площадки скользящей опалубочной системы не имеют достаточной грузоподъемности для складирования материалов.

Методы прогрева бетона. При бетонировании в самоподъемной опалубке наиболее эффективно для прогрева бетона использовать метод греющих проводов. При возведении зданий в скользящей опалубке используют укрытия и тепляки, в том числе в комбинации с дополнительным прогревом бетона инфракрасными и другими внешними нагревателями. Данный способ менее эффективен по сравнению с методом греющих проводов в связи со значительными теплопотерями.

Требования к набору бетоном прочности. При использовании самоподъемной опалубки нет особых требований к кинетике набора прочности бетоном в отличие от скользящей опалубки, где прочность выходящего из-под щитов бетона должна быть 0,2-0,3 МПа. При меньшей прочности возможно оползание бетона, при большей ухудшаются условия подъема опалубки.

Армирование. При использовании самоподъемной опалубки отсутствуют сложности при укладке арматуры благодаря внешнему расположению домкратных механизмов. При применении скользящей опалубки процесс укладки арматуры достаточно сложный из-за опирания системы на домкратные стержни, расположенные внутри бетонируемой конструкции.

Для более наглядной оценки общих критериев сравнения, все результаты проведенного анализа сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Сравнение общих критериев автоматизированных опалубочных систем

Показатель	Скользящая опалубка	Самоподъемная опалубка
Монтаж опалубки	+	-
Рабочие холодные швы	+	-
Отверстия от стяжных болтов	+	-

Возведение наклонных конструкций	-	+
Качество поверхности	-	+
Интегрирование с бетонораспределительной стрелой	-	+
Складирование материала	-	+
Методы прогрева бетона	-	+
Набор бетоном прочности	-	+
Армирование	-	+

На основании рассмотренных критериев, предварительно можно сделать вывод, что самоподъемная опалубочная система является более эффективной для применения в высотном строительстве, чем скользящая опалубочная система. Однако стоит отметить, что решение о выборе того или иного решения на практике должно приниматься на основе комплексного технико-экономического сравнения для каждого конкретного объекта строительства. Рассмотрение и расчет каждого из вышеприведенных критериев требует наличия колоссального опыта работы в сфере, большую команду специалистов, применение BIM технологий при проектировании и прочих условий, затрудняющих комплексное рассмотрение вопроса в рамках данной работы.

Важнейшим требованием технологического проектирования является то, что ядро жесткости должно опережать характерный этаж на 2-4 этажа. Скорость возведения ядра жесткости здания строго ограничена скоростью возведения характерного этажа, которая составляет 5-7 дней. Именно поэтому сравнение опалубочных систем в рамках возведения характерного этажа не является целесообразным. В рамках данной работы уделим особое внимание сравнению монтажа опалубочных систем.

Технико-экономические показатели монтажа скользящей опалубочной системы

Для того чтобы проанализировать технико-экономические показатели монтажа скользящей опалубочной системы были произведены расчеты объемов работ некого высотного комплекса на основании ТТК 66 27 33-80. Результаты расчетов сведены в таблице 3.

Таблица 3. Монтаж скользящей опалубочной системы

Наименование технологического процесса	Затраты труда, чел-дни	Среднее кол-во рабочих в сутки	Количество дней
Монтаж скользящей опалубки	854,16	23	40,5

Технико-экономические показатели монтажа самоподъемной опалубочной системы

Ввиду отсутствия в свободном доступе информации по последовательности монтажа самоподъемной опалубочной системы, в рамках данной работы был произведен хронометраж видеоматериала по сборке системы известными мировыми производителями, выделены отдельные технологические процессы и заданы нормы времени по ЕНиР. Объемы работ также посчитаны по эскизным проектам некого высотного комплекса и сведены в таблице 4.

Таблица 4. Монтаж самоподъемной опалубочной системы

Наименование технологического процесса	Затраты труда, чел-дни	Среднее кол-во рабочих в сутки	Количество дней
Монтаж самоподъемной опалубки	899,04	19	53

Первый вариант сравнения скользящей и самоподъемной опалубочных систем на этапе монтажа

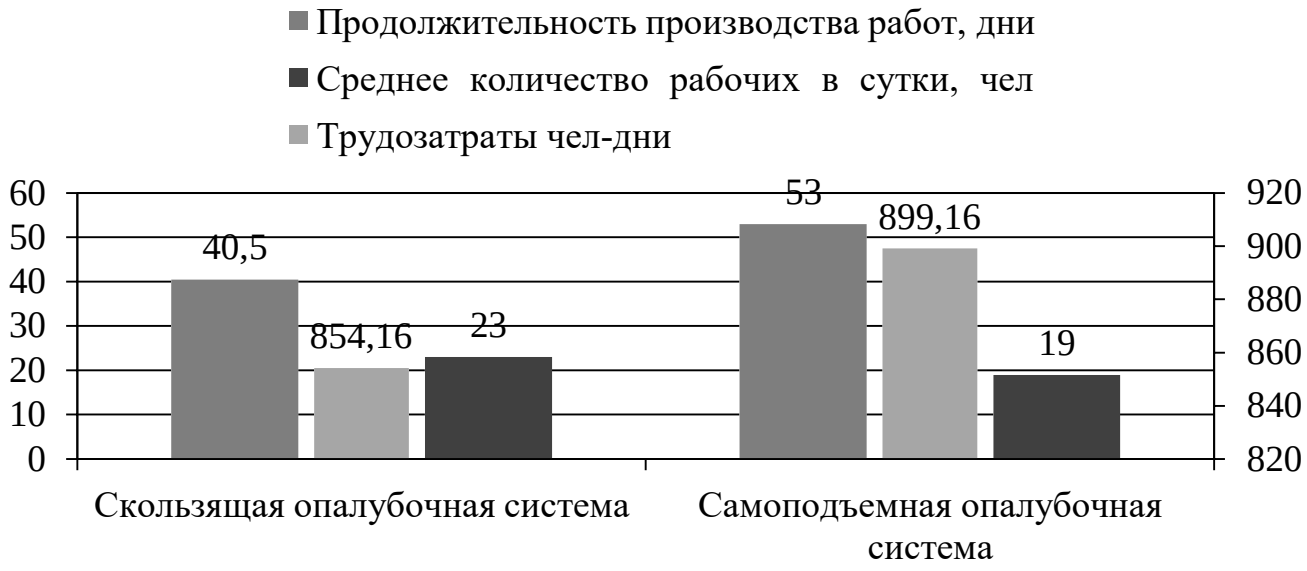
В данном случае, предполагаем, что монтаж автоматизированных опалубочных систем будет производиться приблизительно равным количеством привлеченных рабочих. Однако стоит заметить, что ввиду специфики каждой из представленных систем, сложности применяемых технологических операций, это не всегда является возможным. Поэтому среднее количество рабочих в сутки незначительно расходится. Данной статистической погрешностью, в рамкам данного сравнения, можно пренебречь.

Переходя к сравнению продолжительности производства работ, требуемой по монтаж автоматизированных опалубочных систем, на диаграмме №1, видим, что процесс монтажа самоподъемной опалубочной системы на 12,5 дней дольше, чем монтаж скользящей опалубочной системы. Это является весомым отличием и влечет за собой значительные затраты на оплату труда рабочих, задействованных в процессе, на аренду опалубочной системы, которая рассчитывается посуточно, на задержку всех остальных технологических процессов возведения здания, так или иначе завязанных с возведением ядра жесткости.

Из представленного сравнения видно, что трудозатраты на монтаж самоподъемной опалубочной системы также превышают трудозатраты на монтаж скользящей опалубочной системы на 44,88 человека-дня.

Подводя итоги, проанализировав все три показателя, можно сделать вывод о том, что скользящая опалубочная система, на этапе монтажа, является более эффективной, с точки зрения продолжительности выполнения работ и требуемых при этом трудозатрат.

Диаграмма №1. 1-ый вариант сравнения скользящей и самоподъемной опалубочных систем на этапе монтажа



Второй вариант сравнения скользящей и самоподъемной опалубочных систем на этапе монтажа

Несмотря на преимущества, выявленные в сравнении, проведенном ранее, стоит иметь ввиду один немаловажный факт. По окончании сборки самоподъемной опалубочной системы имеется три полностью возведенных яруса, так как ее монтаж включает в себя работы по бетонированию и армированию. В то время как скользящая опалубочная система, по завершении монтажа, только начнет свой непрерывный подъем и возведение ядра с 1-го этажа. Именно поэтому является логичным и целесообразным сравнить сборку представленных опалубок, исключив из графика производства работ по монтажу самоподъемной опалубочной системы работы по армированию и бетонированию ядра жесткости здания, пересчитав калькуляцию трудовых затрат. В таблице 5 сведены результаты проведенных расчетов.

Таблица 5. Монтаж самоподъемной опалубочной системы

Наименование технологического процесса	Затраты труда, чел-дни	Среднее кол-во рабочих в сутки	Количество дней
Монтаж самоподъемной опалубки	578,41	21	31

Таким образом, имеем следующие показатели трудозатрат по монтажу:

899,04 – 320,63 = 578,41 человеко-дней на монтаж самоподъемной опалубочной системы.

Количество рабочих также было увеличено, чтобы поддерживать их среднее количество в сутки в приблизительно равном значении с монтажом скользящей опалубочной системы.

Для наглядности и удобства сравнения показателей построена диаграмма №2.

Диаграмма №2. 2-ой вариант сравнения скользящей и самоподъемной опалубочных систем на этапе монтажа



Из данной диаграммы видно, что ситуация после произведенных расчетов значительно изменилась. При приблизительно равном количестве рабочих, задействованных на монтаже опалубок в сутки, продолжительность монтажа самоподъемной опалубочной системы на 9,5 дней ниже, чем при монтаже скользящей. Такая же ситуация с трудозатратами. Они снизились и теперь на 275,75 человека-дня ниже, чем трудозатраты на монтаж скользящей опалубочной системы.

Заключение

Подводя общее заключение по проведенному сравнению скользящей и самоподъемной опалубочных систем, можно сделать вывод, что применение самоподъемной опалубочной системы является более приоритетным и эффективным, рациональность его применения обоснована расчетами, проведенными в данной работе. Данный вывод сделан исключительно на анализе факторов, рассмотренных в данной работе. Стоит еще раз обратить внимание на то, что каждый конкретный объект строительства является, в своем роде, уникальным и требует еще на этапе проектирования принятия тех или иных технологических решений группой лиц и целыми крупными, профильными организациями с опытом работ в данной сфере.

Литература

1. Харитонов В.А. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий / В.А. Харитонов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2014. – 345 с.;
2. Абрамян С. Г. Современные опалубочные системы: учебное пособие / С. Г. Абрамян, А.М. Ахмедов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. Волгоград : ВолгГАСУ, 2015.- 71с;
3. В.И. Теличенко, А.И. Гныря, А.П. Бояринцев «Технология возведения высотных, большепролетных специальных зданий и сооружений» АСВ, Москва, 736 стр.–2016 г.;
4. ТТК 06.4.01.11.10 Монтаж и демонтаж скользящей опалубки стен жилого дома;
5. ТТК 66 27 33-80 Монтаж скользящей опалубки;
6. И.В. Федорцев. Индустриальные опалубки монолитного домостроения. Учебное пособие к теоретическому курсу «Технология возведения зданий и сооружений» УГНТУ Каф. Автомобильные дороги и технология строительного производств», 2007 г.;
7. Л.А. Коклюгина, А.В. Коклюгин. Технология и организация строительства высотных многофункциональных зданий. Учебно-методическое пособие, Казань, 2016 г.

Literature

1. Kharitonov V.A. Design, construction and operation of high-rise buildings/V.A. Kharitonov. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities (DIA), 2014. – 345 pages;
2. Abrahamyan S. G. Modern formwork systems: textbook/S. G. Abrahamyan, A.M. Akhmedov; Mr. Education and Science Ros. Federation, Donbass. state. arkhit. - builds. un-t. Volgograd: Volga GASU, 2015.- 71 pages;
3. V.I. Telichenko, A.I. Gnyrya, A.P. Boyarintsev "Technology for the construction of high-rise, large-span special buildings and structures" DIA, Moscow, 736 pages. -2016;

4. TTK 06.4.01.11.10 Installation and removal of sliding formwork of residential building walls;
5. TTK 66 27 33-80 Installation of sliding formwork;
6. I.V. Fedortsev. Industrial formwork of monolithic house building. Training manual for the theoretical course "Technology of erection of buildings and structures «UGNTU Kaf. Roads and Technology of Construction Production», 2007;
7. L.A. Koklyugina, A.V. Koklyugin. Technology and organization of construction of high-rise multifunctional buildings. Teaching Manual, Kazan, 2016.