



УДК 69.057.4

В. В. МОЛОДИН, д-р тех. наук, проф., зав. кафедрой технологии и организации строительства; **А. А. МОРОЗ**, канд. тех. наук, доц. кафедры технологии и организации строительства; **Р. В. КОТКОВ**, ассистент, аспирант кафедры технологии и организации строительства; **В. А. МОСС**, студент

КОНВЕЙЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ФАСАДНЫХ МОДУЛЕЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ПОДАЧЕЙ НА МОНТАЖ ПО ВЕРТИКАЛЬНЫМ НАПРАВЛЯЮЩИМ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин). Россия, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113.

Тел.: (383) 266-41-25; факс: (383) 266-40-83; эл. почта: molodin@sibstrin.ru; lommeta@rambler.ru; kotkov.r@ya.ru; v.moos@sibstrin.ru

Ключевые слова: монтаж ограждающих конструкций, светопрозрачный фасад, модульный фасад, элементный фасад.

В статье предложена Новая "конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций высотных зданий, позволяющая сочетать низкую трудо- и механоемкость с высокой скоростью и тем самым существенно сократить продолжительность работ.

Введение

Наиболее перспективной технологией устройства светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий является элементный (модульный) монтаж [1]. В заводских условиях, с высоким качеством изготавливаются фасадные элементы, представляющие собой большеразмерные – на высоту этажа – стеклопакеты, обрамленные стальными или алюминиевыми профилями с терморазрывами и снабженные крепежными элементами (рис. 1). Готовые монтажные модули доставляются на стройплощадку и поштучно монтируются между перекрытиями, образуя остекленную ограждающую конструкцию здания.

Элементный монтаж включает в себя:

- изготовление фасадных модулей;
- доставку модулей на строительную площадку;
- подачу модулей в зону монтажа;
- наводку модуля на посадочные кронштейны;
- временное закрепление модуля на посадочных кронштейнах;
- постоянное закрепление фасадного модуля на перекрытии с заделкой монтажных швов.

Следует отметить, что технология предполагает эффективное остекление больших площадей фасадов и не приветствует широкого разнообразия типоразмеров фасадных модулей.



Рис 1. Изготовление фасадных модулей в сборочном цехе и фасадный модуль, смонтированный на каркас здания

Такая технология позволяет:

1. Осуществлять изготовление ограждающей конструкции в заводских условиях. Фасадные модули собираются в закрытом от природных воздействий, отапливаемом помещении с использованием прецизионного оборудования. Это позволяет наладить производство продукции с машиностроительным качеством, что практически невозможно в условиях строительной площадки.

2. Вынести часть процесса устройства ограждающей конструкции с монтажного горизонта. На монтажной площадке выполняются только работы по установке фасадного модуля в проектное положение.

3. Сократить трудоемкость монтажа ограждающей конструкции. На монтажном горизонте выполняются только работы по установке кронштейнов и навешивание на них фасадных модулей.

4. За счет точности изготовления модулей повысить качество работ и существенно сократить сроки устройства ограждающих конструкций.

Однако, опыт остекления высотных зданий показал, что темпы устройства ограждающих конструкций зачастую существенно отстают от темпов возведения каркаса, что тормозит раскрытие фронтов работ по отделке и инженерному оборудованию зданий, а в целом затягивает ввод здания в эксплуатацию. Анализ нормативной, научно-технической литературы и мнения специалистов в области высотного строительства [2] показал, что совершенствование технологии монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий целесообразно развивать в направлениях:

– модернизации конструктивных решений фасадных систем и монтажных модулей в интересах совершенствования технологии монтажа ограждающих конструкций высотных зданий;

– ограничения степеней свободы при подъеме монтажных модулей (ограждающих конструкций и их частей).

– совершенствования схемы подъема монтажных модулей (элементов ограждающих конструкций) для организации их непрерывной установки на монтажном горизонте.

Наиболее технологически сложной и аварийно-опасной операцией в элементном монтаже является подача модулей в зону монтажа. Монтируемый элемент при свободном методе монтажа, в отличие от принудительного, подвержен случайным, непредсказуемым воздействиям – порывам ветра, сбоям

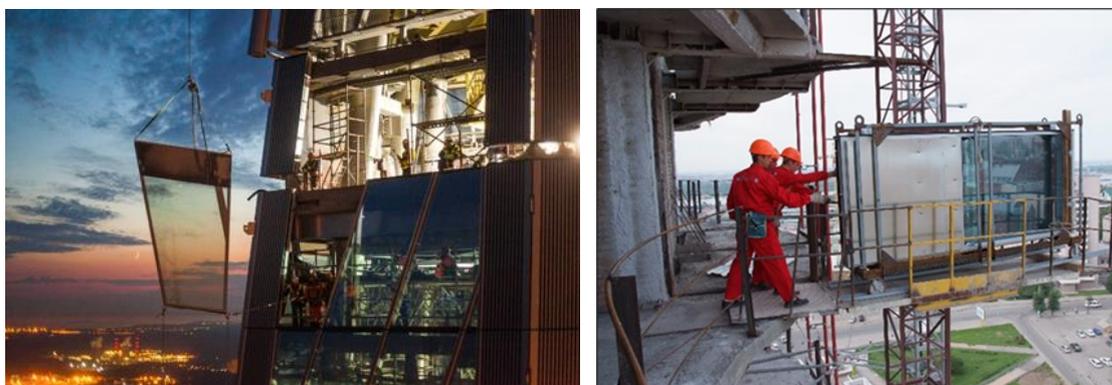


монтажного механизма, ошибкам монтажников, влекущим за собой его повреждения или разрушение. Проблема заключается в организации безаварийного подъема и подачи монтажных модулей к месту их установки в возможно короткие сроки и с минимальной трудоемкостью.

Подача фасадных модулей на монтаж

Доставка фасадных модулей при устройстве ограждающих конструкций высотных зданий на строительную площадку хорошо отработана и проблем не вызывает. С завода модули отгружаются в компактных, хорошо защищающих их во время транспортировки контейнерах. После разгрузки на стройплощадке контейнеры распаковываются и модули поштучно подаются на монтаж.

Подача модулей на монтажный горизонт осуществляется двумя способами. Первый – с внешней стороны здания подъемным краном, второй – лифтовым подъемником внутри или снаружи здания (рис. 2).



а

б

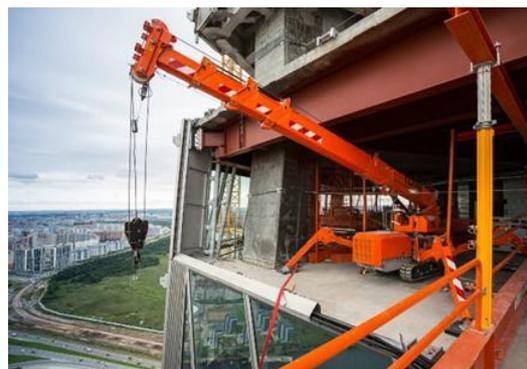
Рис. 2. Способы подачи фасадных модулей на монтаж: *а* – подъем остекленного модуля башенным краном с внешней стороны здания; *б* – подъем модуля на монтажный горизонт лифтовым подъемником

При свободном подъеме фасадных элементов краном на большой высоте вероятны неожиданные порывы ветра, при этом существует риск удара и повреждения остекленных модулей о несущие конструкции здания. Ситуация травмоопасна для монтажников, а возможности страхования монтируемого элемента оттяжками ничтожны.

Во втором случае после доставки на монтажный горизонт модуль перекачивается к месту монтажа на специальных тележках, а для наводки требуется еще и кран-манипулятор, устанавливаемый на вышерасположенных перекрытиях (рис. 3.).



а



б

Рис. 3. Доставка и подача фасадного модуля к месту монтажа при подъеме лифтом: *а* – перемещение модуля по монтажному горизонту на специальной тележке; *б* – кран манипулятор для перевода модуля из транспортного положения в рабочее и наводки в проектное положение

Надо заметить, что в процессе перемещения модулей с большими размерами по монтажному горизонту тележка перемещается по лабиринту из колонн, диафрагм и перегородок, по неровной поверхности монолитной плиты или сборным плитам перекрытия, что вызывает множественные удары.

Все чаще элементы ограждающих конструкций имеют неправильную форму, выступающие из плоскости фасада архитектурные элементы [3]. Это ведет к смещению центра тяжести детали и при наводке – к ее переворачиванию из плоскости фасада и ударам о каркас здания.

После доставки модуля в зону монтажа необходимо снять его с тележки. Из-за равенства высот этажа и модуля перевести его из горизонтального положения в вертикально-наклонное (рис. 4) и, удерживая в таком положении, застроповать грузозахватными приспособлениями крана-манипулятора. Все это нужно выполнить, оберегая хрупкое изделие от ударов.

Затем изделие, страхуя от скольжения по плите перекрытия, выводится за пределы здания для последующей наводки на посадочные кронштейны. При этом возникают те же риски, что и при использовании монтажного крана – вероятность порывов ветра и пр.



а



б

Рис. 4. Перестроповка и наводка фасадного модуля краном-манипулятором: *а* – вывод фасадного модуля за пределы здания; *б* – наводка модуля в проектное положение



Одним словом, при существующих технологиях элементного монтажа основные риски повреждения светопрозрачных фасадных модулей и травмоопасность для монтажников сосредоточены в операциях подачи модулей в зону монтажа и наводке модуля на посадочные кронштейны. Эти риски характерны для методов свободного монтажа, когда монтируемый элемент при доставке к месту монтажа имеет три степени свободы, которые лишь частично могут быть ограничены оттяжками.

Очевидно, что преодолеть отмеченные риски возможно, ограничив степени свободы монтажного модуля при подъеме к месту монтажа и наводке. Такое возможно реализовать, поднимая модуль на монтажный горизонт с помощью тележки, перемещающейся по неким направляющим. А для этого необходимо оснастить каркас здания вертикальными направляющими, которые впоследствии будут использованы для постоянного крепления к ним фасадных модулей.

Рабочая гипотеза и задачи исследования

Превращение вертикальных направляющих в транспортные магистрали позволит, ликвидировав две степени свободы монтируемого элемента, превратить свободный монтаж в принудительный и тем самым добиться безаварийного подъема и подачи фасадных модулей любого размера и конфигурации к месту их установки в возможно короткие сроки, с минимальной трудоемкостью и без риска повреждения.

Подтвердить или опровергнуть сделанное предположение возможно, решив следующие задачи.

1. Предложить технологию и оборудование для перемещения монтажных модулей по вертикальным направляющим, совмещающих функции восприятия постоянной эксплуатационной нагрузки от фасадных модулей и транспортирования их к месту монтажа.

2. Определить способность вертикальных направляющих воспринимать статические и динамические нагрузки, действующие на транспортную магистраль от перемещающегося по ней монтажного элемента.

3. Оценить возможную конструкцию и способы крепления вертикальных направляющих в качестве транспортной магистрали для перемещения по ней и крепления к ней фасадных монтажных элементов.

Перемещение монтажных модулей по вертикальным направляющим

Вертикальные направляющие хорошо известны и широко используются для устройства вентилируемых фасадов. Они имеют два назначения: к ним крепятся элементы декоративного фасада, формирующие вентилируемое пространство и выравнивание фасада по всей его плоскости при неровностях каркаса или несущей стены. Вертикальные направляющие здесь воспринимают эксплуатационные нагрузки от декоративного фасада и ветровые нагрузки.

Представляется целесообразным при устройстве элементных фасадов отказаться от установки на перекрытиях «индивидуальных» посадочных кронштейнов с повышенной трудоемкостью при их выверке и вернуться к постоянному креплению фасадных модулей к вертикальным направляющим и использовать их в качестве транспортных магистралей.

Такие решения были предложены [4-6] и представляют собой систему из закрепленных к межэтажным перекрытиям высотного здания вертикальных направляющих, по которым при помощи лебедки, установленной на верхнем



перекрытии, как по рельсам, перемещается подъемная платформа с закрепленным на ней фасадным модулем (рис. 5).

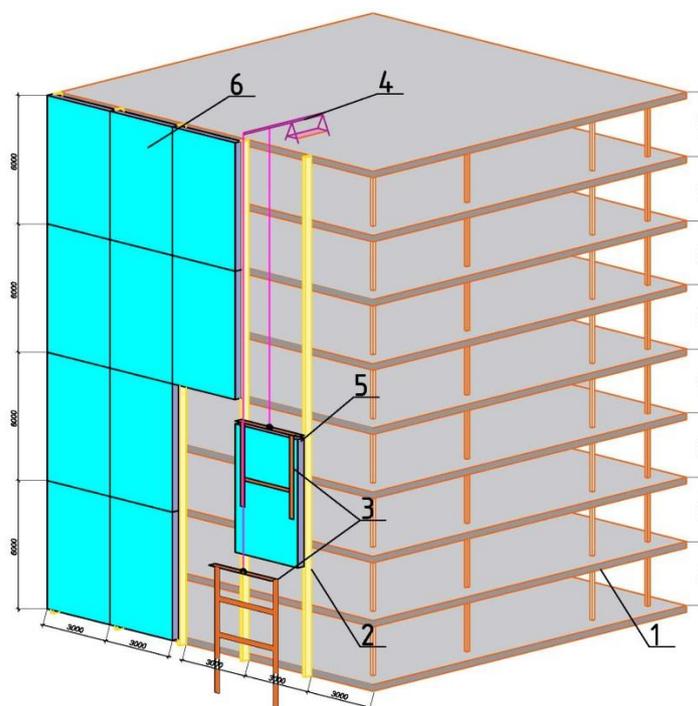
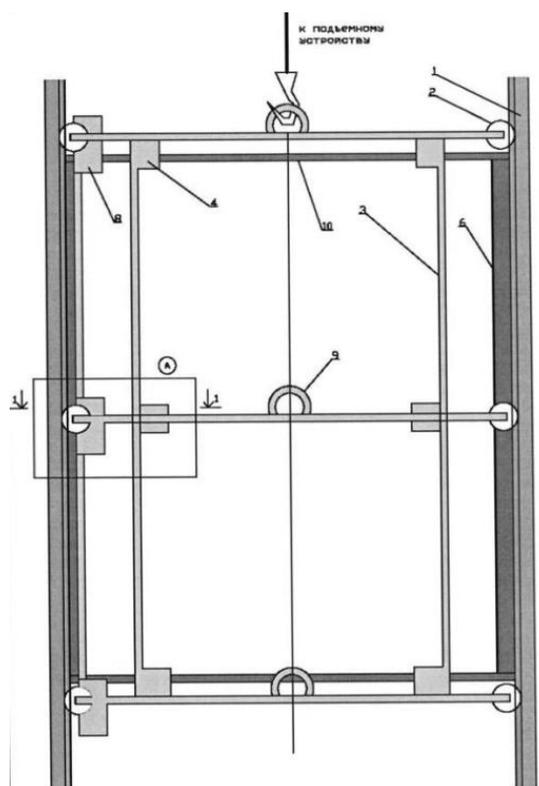


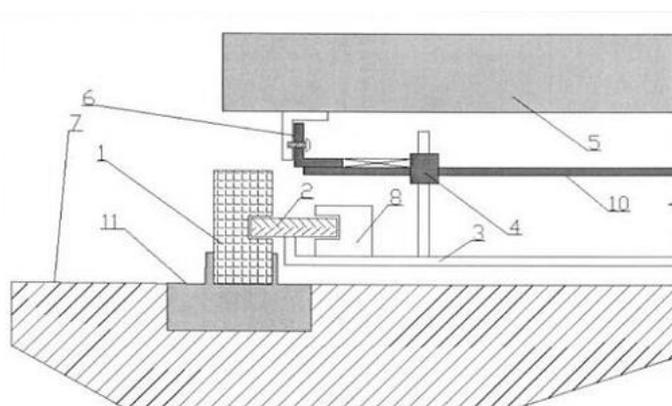
Рис. 5. Технологическая схема организации непрерывного (конвейерного) монтажа ограждающих конструкций высотного здания: 1 – каркас здания; 2 – вертикальные направляющие; 3 – подъемные платформы; 4 – лебедка; 5 – фасадный модуль, поднимаемый на монтажный горизонт; 6 – фасадные модули, смонтированные на вертикальных направляющих

В это время освободившаяся платформа спускается для подъема следующего модуля. Платформ, одновременно участвующих в монтаже, в зависимости от высоты здания, может быть несколько. Таким образом, формируется строительно-монтажный конвейер подачи и монтажа ограждающих конструкций высотного здания. В результате достигается быстрый монтаж ограждающих конструкций без использования крана, установки лесов и люлек с работой монтажников внутри здания [5].

Особенностью системы является то, что подъемная платформа (рис. 6) выполнена разборной: из основной и крепежной рам [4]. Основная рама устанавливается враспор между вертикальными направляющими и имеет одну степень свободы – только вверх и вниз. Это позволяет отсечь две степени свободы и обеспечить подъемной платформе уверенное, поступательное движение независимо от внешних воздействий. Крепежная рама надежно закреплена на основной с возможностью быстрого отсоединения и используется для крепления к ней фасадного модуля.



а



б

Рис. 6. Конструкция подъемной платформы: *а* – платформа в рабочем положении, *б* – деталь опорного узла (вид сверху), где: 1 – направляющий профиль; 2 – колесо основной рамы; 3 – основная рама подъемной тележки; 4 – подвижный узел, позволяющий перемещать фасадный модуль как влево-право, так к зданию и от него; 5 – фасадный модуль; 6 – узел крепления фасадного модуля к монтажной раме подъемной тележки; 7 – несущий каркас здания (междуэтажное перекрытие); 8 – механизм распора и страховки подъемной тележки, содержащий механизм распора, тормозной механизм и концевой выключатель подъема; 9 – петля для закрепления к подъемному устройству; 10 – монтажная рама, способная перемещаться независимо от основной рамы к зданию и от него, а также влево-право; 11 – кронштейн



При подъеме фасадный модуль, жестко закрепленный на подъемной платформе, независимо от непредсказуемых воздействий – порывов ветра, сбоев монтажного механизма, ошибок монтажников, влекущих за собой его повреждения, плавно доставляется на монтажный горизонт и закрепляется там на вертикальных направляющих, гарантирующих выравнивание фасада по всей его плоскости при неровностях несущей стены.

Таким образом, задачу по разработке технологии и оборудования для безопасного перемещения монтажных модулей в зону монтажа можно считать решенной.

Вертикальные направляющие для транспортирования монтажных элементов

На вертикальные направляющие, по которым планируется перемещение монтажных элементов, будет действовать комплекс статических и динамических нагрузок. К статическим нагрузкам можно отнести собственный вес направляющей и вес уже навешанных на нее монтажных модулей, к динамическим – воздействие перемещающейся по направляющим подъемной платформы с закрепленным на ней монтажным модулем.

Для фиксации роликов подъемной платформы, крепления к посадочным кронштейнам и крепления монтажных модулей была разработана конструкция направляющей стойки. Расчетом на устойчивость внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) стержней в плоскости действия момента при изгибе их в плоскости наибольшей жесткости, совпадающей с плоскостью симметрии, были просчитаны нагрузки, действующие на конструкцию при всех возможных комбинациях крепления направляющих и монтажных модулей. С учетом возникающих нагрузок (рис. 7). Были подобраны расчетные сечения направляющей (рис. 8).

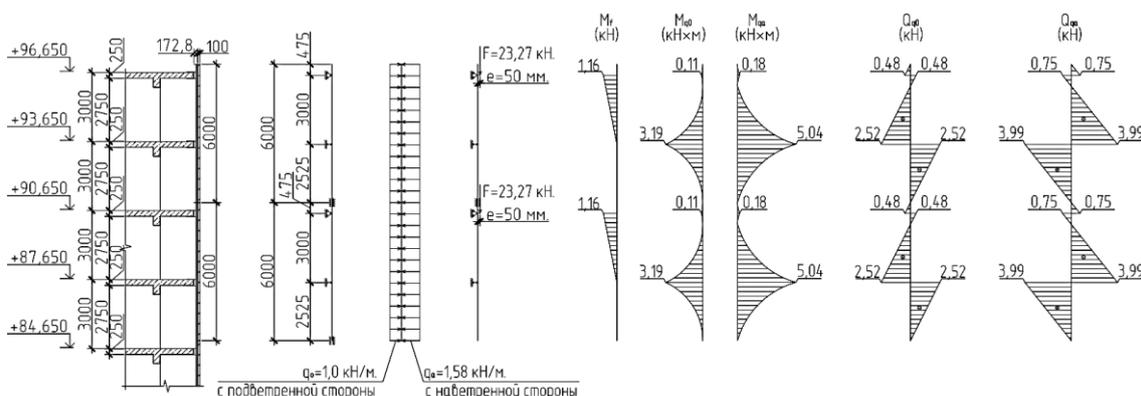


Рис. 7. Конструктивная и расчетная схема направляющей стойки. Эпюры моментов и поперечных сил, возникающих в направляющей

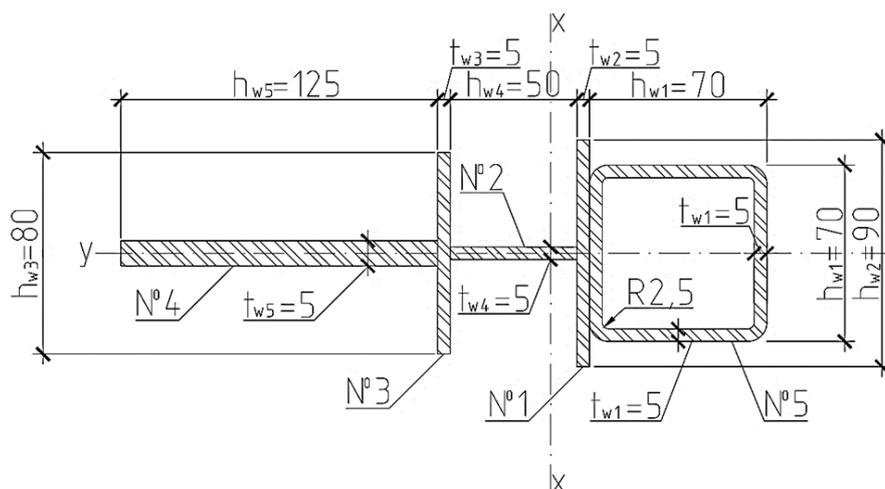


Рис. 8. Составное сечение направляющей стойки: 1 – листовой металл (90×мм 6000 мм×5 мм); 2 – листовой металл (50×76 мм 6000 мм×5 мм); 3 – листовой металл (80×мм 6000 мм×5 мм); 4 – листовой металл (125×мм 115 мм×5 мм); 5 – гнутосварная труба Гн70×5

Узлы крепления вертикальных направляющих и фасадных модулей к каркасу здания

Вертикальные направляющие должны быть надежно закреплены на железобетонных междуэтажных перекрытиях. Учитывая уровень точности устройства железобетонных каркасов высотных зданий в условиях строительной площадки и прецизионную точность изготовления элементных фасадов на заводе, необходимо предусматривать возможность выверки и рихтовки посадочных кронштейнов.

Известны различные типы посадочных кронштейнов для модульных фасадов. В практике строительства применяются индивидуальные одиночные и парные кронштейны (рис. 9), позволяющие снизить трудоемкость их установки и выверки против одиночных. Каждый модуль крепится за два кронштейна.

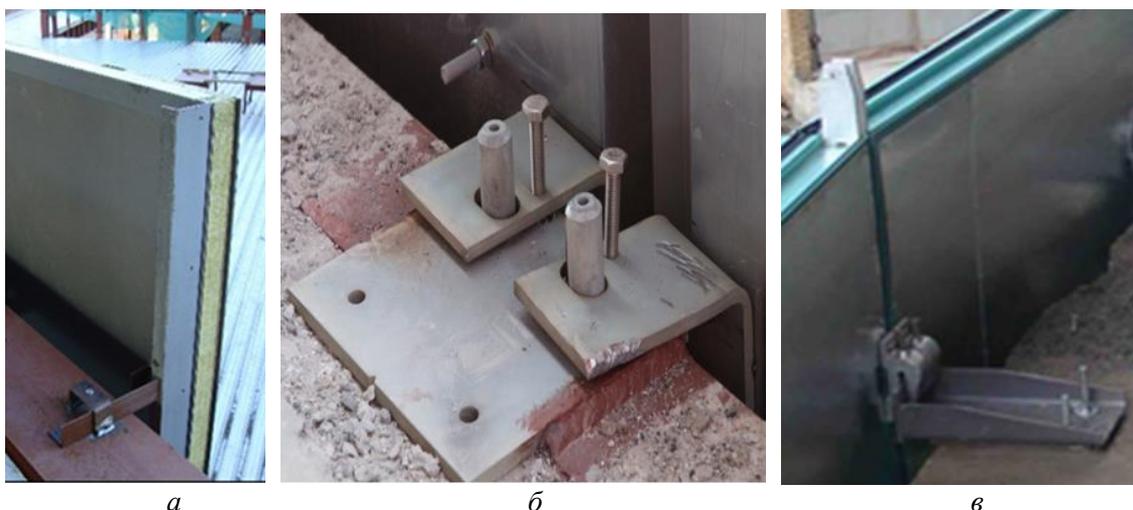


Рис. 9. Посадочные кронштейны для монтажа и юстировки фасадных модулей: а – индивидуальные; б, в – парные

Очередность выполнения технологических операций приводится на рис. 12. Такая технология вместе с непрерывной подачей фасадных модулей в зону монтажа позволяет в разы ускорить продолжительность работ, предотвратить возможные повреждения монтажных элементов при доставке их на монтажный горизонт и нивелировать неровности фасада.

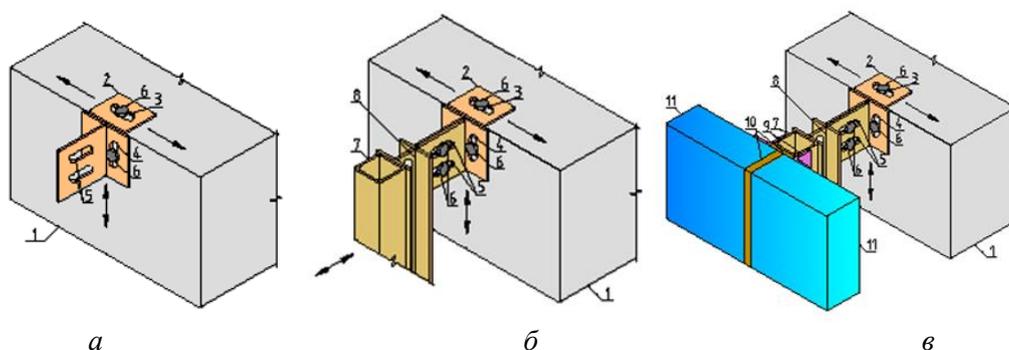


Рис. 12. Очередность выполнения операций по монтажу: *а* – кронштейна; *б* – направляющей; *в* – фасадных модулей, где: 1 – ж/б перекрытие; 2 – кронштейн; 3 – овальное отверстие для регулировки кронштейна в горизонтальной плоскости; 4 – овальное отверстие для регулировки кронштейна в вертикальной плоскости; 5 – овальное отверстие для регулировки направляющей стойки в горизонтальной плоскости; 6 – стальной болт; 7 – металлическая направляющая стойка; 8 – монтажное отверстие

Заключение

Предложенная конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций высотных зданий с использованием вертикальных направляющих для крепления фасадных модулей также в качестве транспортных магистралей для подачи их на монтаж позволяет, ликвидировав две степени свободы монтируемого элемента, превратить свободный монтаж в принудительный. Это дает возможность безаварийного подъема модулей любого размера и конфигурации к месту их установки в возможно короткие сроки, с минимальной трудоемкостью и без риска повреждения.

Для реализации технологии расчетами обоснованы и спроектированы основные элементы фасада – вертикальные направляющие, посадочные кронштейны и крепеж. Разработано и защищено патентами РФ основное монтажное приспособление – подъемная платформа, состоящая из основной и крепежной рам. В комплексе эти технические решения позволяют в разы сократить монтаж ограждающих конструкций высотных зданий, повысив культуру производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахрушев, К. Г. Классификация светопрозрачных фасадов : анализ классификационных признаков / К. Г. Вахрушев, А. П. Константинов. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 7. – С. 77–84. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.07.84–91.

2. Котков, Р. В. Совершенствование технологии монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий / Р. В. Котков, В. В. Молодин,



А. А. Мороз. – Текст : электронный // Известия вузов. Строительство. – 2024. – № 1. – С. 89–105. – DOI 10.32683/0536-1052-2024-781-1-89-105.

3. Проектирование и возведение светопрозрачных оболочек криволинейных поверхностей с применением стоечно-ригельных конструкций / К. Г. Вахрушев, В. Ю. Озеров, С. В. Звягинцев, С. В. Мельник. – Текст : электронный // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 10. – С. 50–61. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.10.50-61.

4. Патент № 2787176 С1 Российская Федерация. Подъемная платформа для монтажа модульных ограждающих конструкций высотных зданий : № 2021133905 : заявл. 19.11.2021 : опубл. 29.12.2022 / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 10 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5. Патент № 2020118074 А Российская Федерация. Способ монтажа модульных ограждающих конструкций высотных зданий. № 2020118074 : заявл. 21.05.2020 : опубл. 29.11.2022. / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 2 с. – Текст : непосредственный.

6. Патент № 2756821 С1 Российская Федерация. Ограждающая конструкция высотного здания : № 202011875 : заявл. 21.05.2020 : опубл. 06.10.2021 / Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин В. В. ; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – 13 с. : ил. – Текст : непосредственный.

MOLODIN Vladimir Viktorovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of technology and organization of construction; MOROZ Andrey Anatolevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of technology and organization of construction; KOTKOV Roman Vasilevich, assistant, postgraduate student of the chair of technology and organization of construction; MOSS Valeriy Anatolevich, undergraduate student

CONVEYOR TECHNOLOGY FOR MOUNTING FACADE MODULES OF HIGH-RISE BUILDINGS WITH FEEDING FOR INSTALLATION ALONG VERTICAL RAILS

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)

113, Leningradskaya St., Novosibirsk, 630008, Russia.

Tel.: (383) 266-41-25; fax: (383) 266-40-83; e-mail: molodin@sibstrin.ru; lommata@rambler.ru; kotkov.r@ya.ru; v.moos@sibstrin.ru

Key words: installation of enclosing structures, translucent facade, modular facade, element facade.

The article proposes a new conveyor technology for the installation of enclosing structures of high-rise buildings, which allows installation with low labor and mechanical intensity, at high installation speed, thereby significantly reducing the duration of work.

REFERENCES

1. Vakhrushev K. G., Konstantinov A. P. Klassifikatsiya svetoprozrachnykh fasadov : analiz klassifikatsionnykh priznakov [Classification of translucent facades: analysis of



classification features]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil construction]. 2019, №7, P. 77-84. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.84-91.

2. Kotkov R. V., Molodin V. V., Moroz A. A. Sovershenstvovanie tekhnologii montazha svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh konstruksii vysotnykh zdaniy [Improving the technology of installation of translucent enclosing structures of high-rise buildings]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo*. [News of higher educational institutions. Construction]. 2024, № 1, P. 89-105. DOI: 10.32683/0536-1052-2024-781-1-89-105.

3. Vakhrushev K. G., Ozerov V. Yu., Zvyagintsev S. V., Melnik S. V. Proektirovanie i vozvedenie svetoprozrachnykh obolochek krivolineinykh poverkhnostei s primeneniem stoечно-rigelnykh konstruksii [Design and construction of translucent shells of curved surfaces using rack-and-crossbar structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil construction]. 2023, №10, P. 50-61. DOI: 10.33622/0869-7019.2023.10.50-61.

4. Patent № 2787176 S1 Rossiyskaya Federatsiya. Podemnaya platforma dlya montazha modulnykh ograzhdayushchikh konstruksiy vysotnykh zdaniy [Lifting platform for installation of modular enclosing structures of high-rise buildings] : № 2021133905 : zayavl. 19.11.2021 : opubl. 29.12.2022 / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 10 p. il.

5. Patent № 2020118074 A Rossiyskaya Federatsiya. Sposob montazha modulnykh ograzhdayushchikh konstruksiy vysotnykh zdaniy. [Method of installation of modular enclosing structures of high-rise buildings]: № 2020118074 : zayavl. 21.05.2020 : opubl. 29.11.2022. / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 2 p.

6. Patent № 2756821 S1 Rossiyskaya Federatsiya. Ograzhdayushchaya konstruksiya vysotnogo zdaniya [Enclosing structure of a high-rise building] : № 202011875 : zayavl. 21.05.2020 : opubl. 06.10.2021 / R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin V. V. ; zayavitel i patentoobladatel Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. 13 p.

© **В. В. Молодин, А. А. Мороз, Р. В. Котков, 2025**

Получено: 28.06.2024 г.