



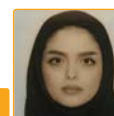
# برج تکامل

## اطلاعات پروژه

تاریخ اتمام: ۲۰۱۵  
 تعداد طبقه: ۵۵  
 کاربری: اداری  
 معماران: گریپروجت (طراحی)، RMJM (طراحی)  
 مهندسين سازه: گریپروجت، جی.کی تکستوری (طراحی)  
 ارتفاع: ۲۴۶ متر  
 مساحت کل: ۸۲۰۰۰ متر مربع

## برج تکامل، مسکو

هنگامیکه برج تکامل مسکو برای اولین بار رونمایی شد، موجی از مقلدان را به راه انداخت، اما ۱۲ سال طول کشید تا به نتیجه برسد. طی بحران اقتصادی و تکرارهای متعاقب تیم طراحی، فرم پیچشی مزبور طی زمان دوام آورد. محصول نهایی که بصورت مناسبی نامگذاری شده بود، ارزش جاودانه یک مدل قوی را نشان می دهد. برج برخلاف چیزی که به نظر می رسید، بطور مشخصی به سمت بالا بصورت مارپیچ، امتداد و جایگاه خود را در افق شهر یافته است.



شادی سلیمی مقدم  
 کارشناس ارشدسازه

برج ۲۴۶ متری مارییچ تکامل در مرکز بین‌المللی کسب و کار مسکو بر خاکریز Presnenskaya در امتداد رود موسکو واقع شده است. مرکز چند منظوره جدید دارای مساحت ۲/۵ هکتار است که ۸۰ درصد آن در واقع بازار شهری محوطه‌سازی

شده می‌باشد. این منطقه شامل یک راه پله تشریفاتی به ارتفاع ۱۰ متر است که به خاکریز و پل عابر پیاده Bagration در امتداد رود موسکو و سطوح مرتفع‌تر، همچنین مناطق محوطه‌سازی شده با چمنزارهای سبز، درختان، آب نماها، مسافران و جعبه‌های نور منتهی می‌شود.

▼ برج تکامل، مسکو-نمای روبرو



▼ برج تکامل، مسکو-نمای هوایی



در زیر بازار، یک بازارچه دو طبقه، برج را به یک ایستگاه مترو و پایین دست پل Bagration متصل می‌کند که این تحولات موجب توسعه و یکپارچگی منطقه شده است. در این منطقه ۷ مورد از ۱۰ بلند مرتبه‌ترین آسمان خراش‌های اروپایی قرار گرفته است که بیش از چهار میلیون متر مربع از مناطق اداری و خرده فروشی با زیرساخت‌های مهندسی و حمل و نقل را در خود جای داده است. قسمت فاز ۱ پروژه، مرکز خرید گالری تکامل در جایگاه اختصاصی یک فودکورت و یک مرکز آموزشی و سرگرمی خانوادگی به مساحت ۶۰۰۰ متر مربع دارد که در آن بچه‌هایی توانمند با کسب مشاغل مختلف کسب امتیاز کنند و آنها را برای اتومبیل رانی خرج کنند (اولین مرکز از این فرمت در مسکو).

برج اداری ۸۲۰۰۰ متر مربعی شامل ۵۲ طبقه می‌شود که هر کدام نسبت به طبقه قبلی خود ۳ درجه گردش دارد و به طور کلی ۱۵۶ درجه در جهت ساعتگرد می‌چرخد. با بزرگترین پوشش سرد خمیده جهان، نمای برج بازتاب شناور یکپارچه‌ای را فراهم می‌سازد که بصورت عمودی حول چشم اندازهای آسمان مسکو دوران می‌کند. ابرهای منعکس شده که به سمت سطح در حال حرکت هستند، موجب بهبود اثر تصویری پویا به عنوان یک اثر بصری بی‌مانند می‌شوند. تاج برج با سازه فلزی با دو قوس پیچشی، یک سکوی فرود هلیکوپتر در بالای برج و همچنین یک عرشه سقف دید باز در طبقه ۵۲ که دارای بهترین چشم‌اندازهای کنار رودخانه مسکو با مناظر به مرکز شهر تاریخی را فراهم می‌سازد.

از همان ابتدا، توسعه‌دهندگان و معماران یک هدف بلند پروازانه را تعیین کردند: ایجاد یک ساختمان نمادین و قابل تشخیص که نماد جدیدی از مسکوی معاصر باشد. از گنبد‌های پیازی کلیسای جامع سنت باسیل گرفته تا مفهوم برجسته برج

تاتلین، معماری روسیه مدت‌هاست که با مارییچ‌ها اجین شده است. در ابتدایی‌ترین سطح، برج تکامل پیچ خورده که به شکل DNA می‌باشد، در واقع نمادی از توسعه بشر از طریق معماری در ساخت و ساز می‌باشد. هرچند، مدل اصلی برج مارییچ از یک مفهوم کاملاً متفاوت الهام گرفته شده بود، در سال ۲۰۰۴ دولتمردان شهر مسکو برنامه ساخت کاخ عروسی را طرح‌ریزی کردند که شامل یک فضای دفتر اسناد رسمی و جشن با یک ساختمان ۳۰۰۰ متر مربعی ۱۶ طبقه بود.

## تکامل طراحی

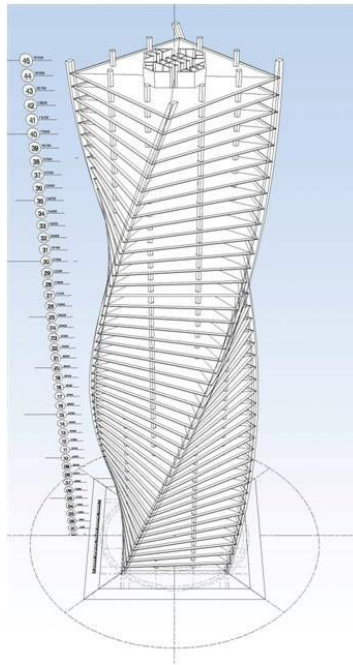
مدل اصلی که توسط فیلیپ نیکاندر و با همکاری RMJM توسعه داده شد، بعداً منجر به یک سری تکرارها و گزینش‌های تلفیقی برای جاه طلبی‌های مقامات شهر برای تحت تأثیر قرار دادن جهان با یک ساختمان نمادین کاخ عروسی و اهداف سازنده برای افزایش کل مناطق ناخالص و اجاره‌ای برای ساختن پروژه از نظر اقتصادی شد. سرانجام، هر دو طرف طرحی از دو نوار پیچ خورده و برجسته از نمادهای بین‌و یانگ متحد شدند، جایی که سیاه و سفید نشان دهنده داماد و عروس است که به هنگام رقصیدن یکدیگر را در آغوش می‌گیرند.

تجلی اصلی دوگانگی و اتحاد که توسط بین و یانگ به عنوان داماد و عروس بصورت نمادین درآمد در فرمت سیاه و سفید ارائه می‌شد که کمی شبیه پنگون بود. بنابراین پس از چند چالش دیگر، یک ترکیب مجسمه‌ای متشکل و شیک‌تری با کاخ عروسی که در زیر شیشه دهلیز منحنی تحت عنوان دامن عروس قرار گرفته است، ظاهر شد.

▼ مدل برج کاخ با عنوان دامن عروس



▼ عکس نمادین



## چالش‌ها و مفهوم جدید طراحی برای مهندسی سازه

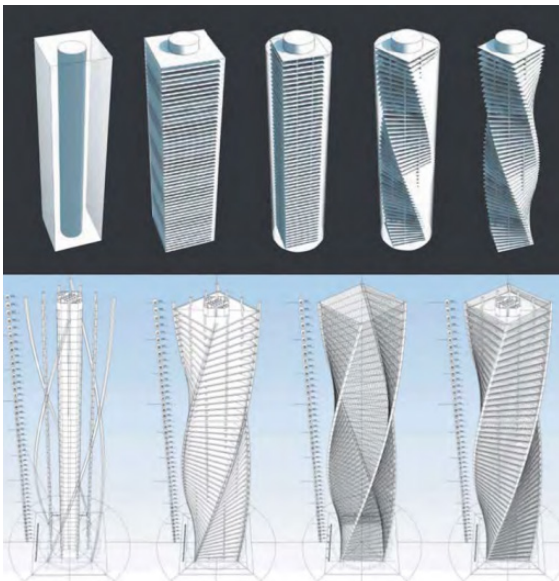
تمام این کارها منجر به اضافه شدن پنج طبقه (از سطح ۴۷ تا ۵۲) گردید که در واقع باعث شد که به جز شکل ماریچ و برنامه سازه-ای همراه با گرید لاین-ها هیچکدام از مفاهیم اصلی پا برجا نماند. مفهوم طراحی تجدید نظر شده، برگرفته از ماریچ تکاملی، دارای نوار نمای سفید است که روی سقف بصورت شکل نمادی نهایت ۹۰ درجه پیچیده شده است که از مدل علمی تکامل صحبت می-کند و توسعه تمدن بشری را جشن می-گیرد.

این طراحی ساده و مبتکرانه بر اساس اصولی از صفحات کف مربع شکل با یک قاب عمودی بتن مسلح، با یک هسته مرکزی و هشت ستون به صورت هشت ضلعی با تیرهای پیوسته و چهار ستون ماریچ در گوشه-ها پشتیبانی می-شود. برنامه سازه-ای پیشنهادی با تیرهای پیوسته طره-ای و دال-های کف طره-ای، به نظر می-رسد که بسیار ساده، کارآمد و اقتصادی باشد. ساده-سازی یک برج بتن مسلح بدون سطوح پایه موجب هزینه و زمان زیادی به هنگام ساخت سازه می-شود. اما چنانچه مفهوم سازه-ای آن ساده بود، الزام به ۵۲ بار تغییر در لایه دال کف، ریختن بتن را به یک چالش لاجستیکی تبدیل می-کرد.

در اواخر سال ۲۰۰۸، کل طرح سرمایه-گذاری تحت موج بحران اقتصادی جهان از بین رفت، ساخت و سازها مسدود شد و تا سال ۲۰۱۱ که بازار مجدداً رونق گرفت، متوقف شده بود. سازندگان موفق به تغییر مجموعه سرمایه-گذاران و تنظیم مجدد منابع مالی شدند. اعتبار مالی ارائه شده توسط بانک میبایستی به سرعت انجام می-شد، بنابراین این طرح با هدف ساخت یک برج منحصر به فرد و پیچیده، چندین بهینه-سازی را پشت سر گذاشت.

تیم پروژه با اضافه کردن یک شرکت معماری و پیمانکاری جدید تغییر کرد و تغییرات زیاد طراحی از قبیل برنامه-های کاربردی جدید و اصلاح خلاصه طراحی انجام گردید. مقامات شهر در این حین علاقه خود را نسبت به توسعه کاخ عروسی در میانه مرکز تجاری که در آن اجزای کاخ عروسی و فضاهای برتر برای جشن-های پس از مراسم است، از دست دادند. آتریوم و تاج آن از بین رفت. نمای چند منظوره آن کاملاً برای رسیدن به یک سطح صاف و جلادار مجدداً طراحی شد. مدل مهندسی خدمات غیر متمرکز به نفع سیستم متمرکز متداول که که نیاز به افزودن سه طبقه تاسیساتی دیگر داشت، حذف گردید. سیستم حمل و نقل عمودی که بر اساس کابین-های آسانسور دو طبقه ساخته شده بود، با سیستم دیگری جایگزین شد که به طراحی مجدد طرح اصلی نیاز داشت.

▼ مدل تبدیل مهندسی برج تکامل



▼ طرح سازه برج تکامل



فاصله ۱۵ متری با قطر ۲/۱ متر در پایین و ۱/۲ متر در بالا متغیر می‌باشد.

## ایمنی

برج به صورت قابل توجهی در برابر آتش و حملات تروریستی مقاوم می‌باشد. حفاظت و کنترل غیر فعال (پدافند غیر عامل) آن شامل ۴ ساعت مقاومت در برابر آتش - سوزی در سازه - های باربر و دیوارهای راه پله می‌شود که از زمان مورد نیاز برای خروج افراد فراتر می‌رود. حفاظت فعال شامل تجهیزات مهندسی آتش، شامل سیستم آب-پاش سراسری - و همچنین سیستم - های مهار آتش مبتنی بر پودر و گاز، استخراج مکانیکی دود از هسته، راه-پله - های تحت فشار و سیستم - های مدیریت خروج -، آتش - سوزی و ردیاب - های دود - و نظارت دائمی بر عناصر سازه قاب و خدمات ساختمان به عنوان بخشی از سیستم مدیریت ساختمان آن می‌شود. تامین برق دسته یک از دو منبع مستقل به صورت مازاد با ژنراتورهای دیزلی و باتری - هایی با منبع تغذیه بدون وقفه تشکیل می‌شود. تأمین آب و گرمایش منطقه نیز توسط خطوط ورودی اضافی پشتیبانی می‌شود. سیستم تهویه هوا بر اساس نسبت اساسی ۶۰ متر مربع برای هر نفر طراحی شده است.

این راه حل در یک سیستم قالبی خلاقانه که می‌توانست عمل ریختن بتن را برای دیوارهای هسته و دال - های دیوار که هر دیوار به سه قسمت تقسیم می‌کرد، پیدا شد. چهار واحد سیستم قالب بالارونده هیدرولیکی برای ایجاد سکوه‌های بزرگ که در آن سه طبقه بالایی در حال ساخت محکم با یک پانل محافظ بالارونده ریلی محصور شده است، باعث مقاومت در برابر باد و حفظ قالب برای چهار ستون کناری تحت پیچش می‌گردد. واحدهای محرک با نیروی هیدرولیک، با پیچش ثابتی از ساختمان با سیستم ریلی به سمت بالا هدایت می‌شوند (با ریل - های شیب - دار که به وسیله کف دال به قاب ساختمان متصل است) که موجب تضمین صعودی سریع و ایمن می‌گردد. سکوه‌های فرود با کمک دستگاه - های بالارونده متحرک و بدون جرقه به صورت هیدرولیکی بر روی ریل ها صعود می‌کنند. در کنار - های ساختمان -، سکوه‌های سیستم بالارونده ریلی مکان - های ذخیره - سازی موقت را فراهم و بارها را جابجا می‌کنند. سیستم بالارونده ریلی ویژه حداکثر قاب - گذاری را با سرعت متوسط هفت روز در هر طبقه را فراهم کرد. دوازده ستون بتنی و هسته مرکزی بایی گسترده با شمع به ضخامت ۳/۵ متر پشتیبانی می‌شود. بتن - ریزی بی گسترده با حجم ۸۰۰۰ متر مکعب ۴۸ ساعت طول کشید. هشت ستون دایره - ای با

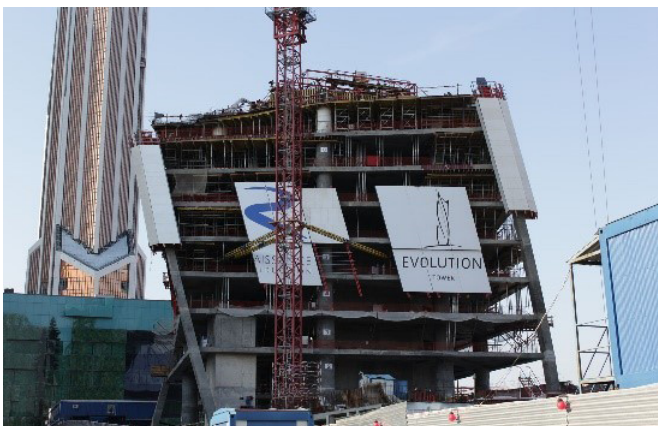
پانل محافظ RCS شیب دار.



واحد پانل حفاظت RCS محصور شده در سه کارخانه برتر در دست ساخت.



سکوی فرود RCS



سکوی فرود RCS



## ایده منحصر به فرد

به دلیل عدم هماهنگی ظاهر سازه با گرانث، پوشش منحصر به فرد برج بر سبک بودن و بیوبایی فرم تأکید دارد. ایده یک مجسمه ۲۰۰ متری ساخته شده از موادی که به طور سنتی ترد و غیرقابل انعطاف است، ماریچ تکاملی را به عنوان اوج پیشرفت و قدرت هوش بشر نشان می‌دهد که نیروهای طبیعت و قوانین فیزیک را به چالش می‌اندازد. مدل نمای اصلی و تکنولوژی‌های خلاقانه ساخت و ساز، به تیم این اجازه را می‌دهد که یک فرم سه بعدی بصری ارگانیک و پیوسته‌ای را خلق کند.

پوشش دو انتحالی برج با نورد سرد واحدهای شیشه‌ای انعکاسی اجرا شده است. دیوار شیشه‌ای از واحدهای دو انتحالی صاف که به صورت سه بعدی در داخل فریم آلومینیومی سرد نورد شده است، موجب جلوگیری از اثر بصری پله در

هندسه می‌شود. به نظر می‌رسد که این روش هم از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر از واحدهای دیوار شیشه‌ای پلکانی است که قبلاً در برخی از نماهای پیچ خورده اعمال شده بود. در حین ساخت واحد شیشه‌ای به صورت افقی در قاب آلومینیومی پیچ خورده قرار می‌گیرد و سپس در نتیجه وزن خود بدون هیچگونه عملیات حرارتی خم می‌شود. تغییر شکل ماکزیمم گوشه نسبت به گوشه مقابل واحد از ۵۰ میلی متر بیشتر نمی‌شود. در نهایت، نما به صورت یک سطح شیشه‌ای پیوسته می‌باشد. در حال حاضر، این دیوار شیشه‌ای بزرگترین نمای سرد نورد شده جهان از نظر مساحت در یک ساختمان می‌باشد. نوار پوششی، با زاویه خم ثابت ۱۴ درجه در گوشه‌ها به صورت عمودی، یک خطای دید خیره‌کننده ایجاد می‌کند که مناظر شهری اطراف را به صورت عمودی، با یک چرخش ۹۰ درجه منعکس می‌کند.

برده شیشه‌ای پیچشی برج که خطای دید ایجاد می‌کند.



پانل‌های نمای برج تکامل



واحد شیشه-ای به صورتی فرمول-بندی شده است که قسمت خارج آن سه جداره شده و قسمت داخلی آن از شیشه سکوریت استفاده شده است که اجازه خمش واحد در موقعیت نصب را برای دستیابی به هندسه نمای مورد نیاز می-دهد، در حالی که امنیت بیشتری را برای پوشش فراهم می-کند. در صورت خرابی، شیشه سکوریت، پنج برابر مقاومت استاندارد به گونه-ای ساخته شده است که به قطعات کوچک تبدیل می-شود و فیلم سه جداره لمینیتی از ریختن خرده-ها جلوگیری می-کند.

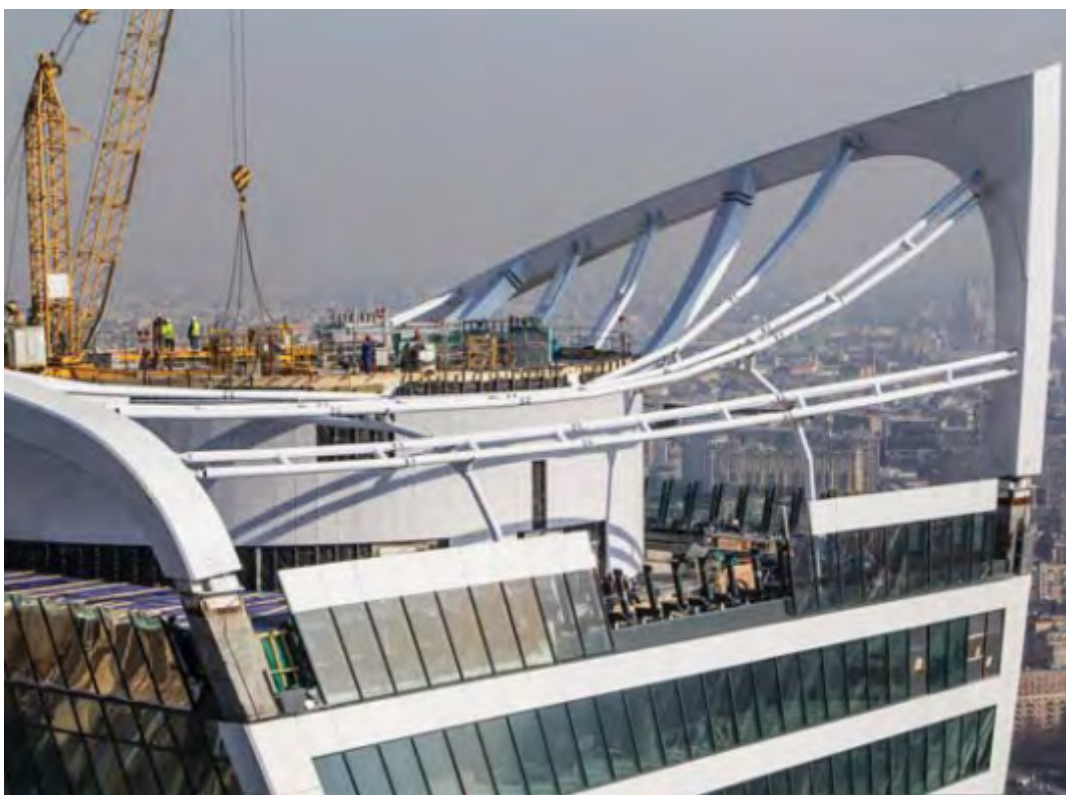
## پیشرفت تاج گذاری

تاج برج، بیانگر خمشی از نمای نواری، شامل دو دهانه ۴۱ متری قوس-های فولادی پیچ خورده با تکیه-گاه موقت از فولاد با هسته بتنی استوانه-ای شکل و چهار تکیه-گاه قوسی کوچکتر زیر نوارهای فولادی سفید که به صورت طره در آمده است (قاب-های لوله-ای پر از ورق-های فولادی سوراخ-دار). قوس-های پیچ خورده فولادی در پیمونت ایتالیا طراحی و ساخته شدند و در قطعات کوچکتر برای حمل آسان با کامیون به مسکو آورده شدند و سپس در نهایت بر روی سقفی که در قسمت داخلی بولت شده بود، مونتاژ شدند.

مساحت کل نمای برج تکامل ۴۰۵۰۰ متر مربع می-باشد که شامل ۳۴۵۰۰ متر مربع از مساحت-های نماهای عمومی از سطح ۳ به سطح ۵۱ است. در هر طبقه، دیوار شیشه-ای شامل صفحه نمایش متوازی الاضلاع به ارتفاع ۴/۳ متر و عرض ۱/۵ متر است. بیست و هفت پنل دارای دو اندازه متفاوت هستند که با زاویه پیچش از ۱۴ تا ۱۴- درجه متفاوت هستند، که این امر مدیریت و اجرای ساخت را پیچیده می-کند.

هر چند بکارگیری این سازه نما، به دلیل انتخاب یک پیمانکار ماهر در زمینه طراحی دیوار شیشه-ای، پوشش آتریوم و سایبان-ها و ورودی-ها، موفقیت آمیز بود. پروفیل-های آلومینیومی در روسیه در یک خط تولید ویژه تولید شد. برخلاف ساخت واحدهای شیشه-ای در آلمان، با تمام هزینه-های مربوط به تحویل و عوارض گمرکی، هزینه کلی نما در هر متر مربع یک برج بلند شاخص به صورت استاندارد باقی مانده است. واحدهای دو جداره با شیشه چند منظوره، کارایی انرژی و پارامترهای عایق حرارت (مقادیر U) مشابه واحدهای استاندارد سه جداره را تضمین می-کنند که به طور معمول برای مقاومت در برابر زمستان-های سخت مسکو استفاده می-شود، اما وزن کمتری نسبت به نوع معمول برای کاربرد وسیع کف تا سقف را دارند.

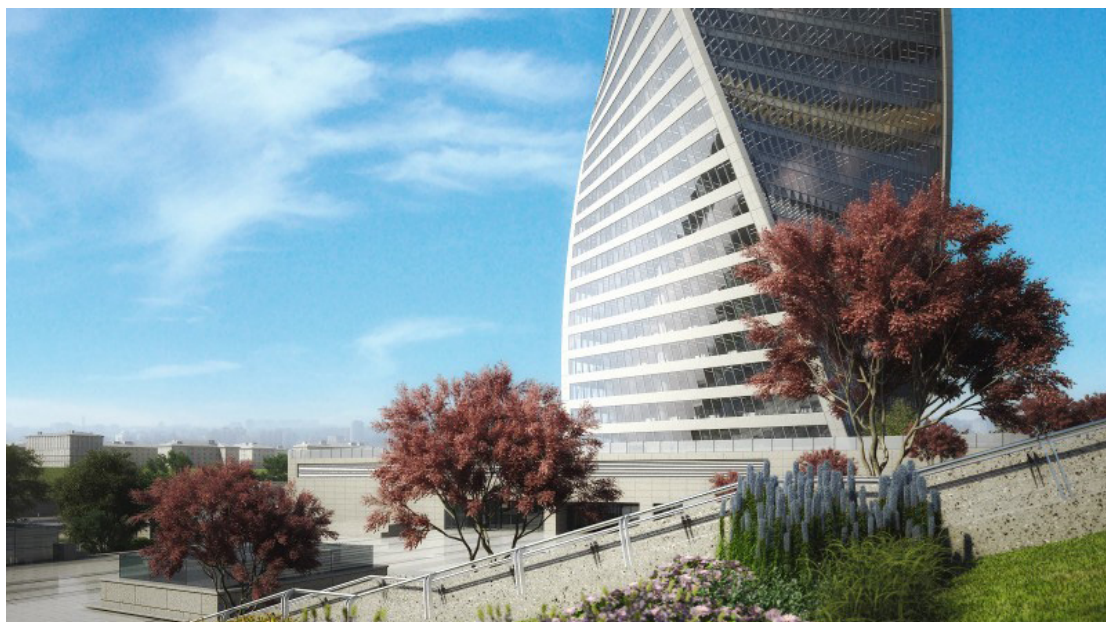
تاج برج، در حین ساخت



جلوگیری می-کند و با درپوش های فشار و کلاف نرم آلومینیوم به دست می-آید. بام محوطه-سازی شده به عنوان بخشی از میدان شهری، فضای عمومی را برای فعالیت-های تفریحی، فضای سبز، آبنما، کافه-های روباز در فضای باز و موارد دیگر مهیا می-کند نورگیرهای بازارچه و سایه-بان-های ورودی (سایبان-هایی که از سطح میدان بالاتر هستند) به عنوان تأکیدی برای نورپردازی معماری میدان می-باشند. نورگیرها و سایبان-های ورودی به عنوان سازه-های تمام شیشه-ای متشکل از شیشه-های مسطح در اعضای داخلی با سازه-های باربر از شیشه-های سه جداره (با اتصالات تیر و بال-های عمودی) با اتصالات فولاد ضد زنگ می-باشند.

جان-پناه شیشه-ای در اطراف عرشه در سطح بام از نورد سرد شیشه سه جداره سکوریت با المان-های بالایی تا شو تشکیل شده است که امکان دسترسی به کلاف واحد نگهداری ساختمان در سراسر جان پناه را فراهم می-سازد. سیستم نگهداری ساختمان با سه بازوی مفصلی جرثقیل و یک بالابر کمکی ۳۰۰ کیلوگرمی به منظور تضمین دسترسی مناسب برای نگهداری و تمیز کردن دیوار شیشه-ای، از فرم پیچشی و پیچیده نما پیروی می-کند. کلاف مخصوصی نیز برای رسیدن به موقعیت-های موجود در نما بدون برخورد فیزیکی با دیوار شیشه-ای طراحی شده است. این امر از طریق تسمه-های ایمنی، قفل-های فشار و پرزهای موجود در هر واحد دیوار شیشه-ای، میله-های مخصوص و غلتک-های لاستیکی نرم که از ایجاد خراش یا هرگونه آسیب دیگر در اثر تماس کلاف با پوشش شکننده شیشه

سطح تراس دار سطح انتقال از سطح رودخانه را فراهم می کند و شامل یک مرکز خرید دو سطحه با دسترسی به خطوط مترو و پل عابر پیاده



## حمل و نقل عمودی (Vertical Transportation): VT

مدل اصلی حمل و نقل عمودی برج شامل ۱۲ چاله آسانسور با آسانسورهای استاندارد دو طبقه (اولین سیستم آسانسوری که دارای دو کابین به طور مستقل، یکی بالاتر از دیگری، در همان چاله کار می کند) می شود. هرچند، در مرحله مناقصه ساخت، طرح VT با سیستم دو قلو جایگزین شد، این تکنولوژی آسانسورهای دو طبقه نسبت به سیستم های متداول آسانسور دارای مزیت هایی از قبیل کاهش زمان انتظار و سفر توسط یک سیستم کنترل انتخاب مقصد هوشمند است که توسط

برای افزایش سختی بال های شیشه ای سازه از یک غشای سه جداره داخلی از لمینت استفاده شده است. نورگیرها و سایبان های بام از شیشه سه جداره با گرمایش الکتریکی از پوشش یخ و برف بر روی سطح خارجی و تبخیر آب در سطح داخلی شیشه جلوگیری می کند. شیشه با خمیر شیشه که موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می شود، پوشانده می شود که باعث کاهش جذب امواج خورشیدی و حفظ شفافیت و نفوذ نور کافی می گردد. بام های سبز در طول بازارچه و گرمایش یکپارچه کف، از آب خاکستری (بازیافتی) ذوب برف و یخ زمستان استفاده می کنند. چهار پیاده بر در فضای باز مردم را بین سطح تراس میدان (یک تغییر ۱۰ متری در ارتفاع) جابجا می کنند و در شرایط سخت زمستانی کار می کنند.

## نتیجه گیری

خاصیت پیچش ارگانیک در پس زمینه برج‌های شیشه‌ای در برج تکامل بار دیگر برجسته می‌شود و به دسته‌بندی کلی سازه‌های بلند مرتبه شهر مسکو کمک زیادی می‌کند. توسعه برج تکامل فضای عمومی قابل توجهی را در بام محوطه‌سازی شده بازارچه فراهم کرد. هم‌افزایی این ترکیب، همراه با یک پارکینگ بزرگ زیرزمینی که با اتصال مستقیم به ایستگاه مترو و پل عابر پیاده تکمیل می‌شود، تکمیل موفقیت آمیز پروژه را تضمین می‌کند.

شکل جسورانه و زیبایی‌بی‌انتهای آن موفقیت تجاری را برای این پروژه به ارمغان آورد. با این برج حتی در بازار دفاتر تجاری کوچک، تقاضای خرید پاسخ داده می‌شود. قبل از اتمام آن، مارییچ مجسمه‌ای شکل برج تکامل، که اغلب در تبلیغات تجاری، بوسترها و مجلات ظاهر می‌شد، به عنوان نمادی از تجارت، خود به نمادی جدید برای مسکو مدرن تبدیل شد.

یک کامپیوتر کنترل می‌شود تا پیمایش سفر بین درخواست‌ها را بهینه کند. به کارگیری آسانسورهای دو قلو موجب کاهش دو چاله در هسته مرکزی می‌شود. استقرار نهایی شامل ۱۰ بالابر دو قلو بود که با سرعت حداکثر هفت متر در ثانیه حرکت می‌کردند و به جای ۱۲ کابین دو طبقه که در مدل اصلی مشخص شده بود، فضای مفید آسانسور را برای عملیات مکانیکی، برقی و تاسیساتی در تمام طبقات افزایش داد. همچنین تکنولوژی دو قلو به طور کلی با مصرف برق کمتر به ازای هر مسافر موجب پایداری پروژه می‌گردد. کابین‌های جدا شده در سیستم دو قلو بسیار سبک‌تر از کابین‌های دو طبقه هستند، بنابراین نیاز به وات کمتری دارند و در نتیجه مصرف برق نیز کمتری خواهند داشت. در حقیقت کابین‌ها شبیه آسانسورهای تک کابینه هستند، بنابراین به دلیل در دسترس بودن قطعات یدکی استاندارد ارزان‌تر، هزینه تعمیر و نگهداری کمتری از دو طبقه‌ها دارند.

▼ نورگیر مرکز خرید کاخ

