

Конструкции высотных зданий
Из опыта проектирования и возведения

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 62-63
ББК 30.6
К65

К65 Конструкции высотных зданий: Из опыта проектирования и возведения / – М.: Книга по Требованию, 2023. – 104 с.

ISBN 978-5-458-62271-4

Книга посвящена описанию опыта проектирования и возведения сталинских высоток.

ISBN 978-5-458-62271-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Конечно, говоря о схеме со связями, необходимо иметь в виду железобетонные стенки-связи, поскольку применение стальных решетчатых связей, как показывает опыт зарубежного строительства, имеет свои недостатки, не внося существенного улучшения в конструкцию.

Наличие в железобетонных связях проемов усложняет их устройство и уменьшает конструктивную эффективность. В пределе, когда проемы полностью заполняют все панели, схема со связями переходит в рамную. Следовательно, задача заключается в том, чтобы в каждом конкретном случае, исходя из заданной жесткости и конфигурации здания, наличия проемов и производственных условий, найти оптимальное для данных конкретных условий конструктивное решение—рамное, со связями или смешанное.

Высотное здание на Котельнической набережной по своей конструкции во многом похоже на здание в Зарядье. Считаясь номинально 16-этажным, оно в своей высотной части имеет вместе с техническими 34 этажа. Конструктор поставил перед собой задачу обеспечить зданию такой высоты наибольшую жесткость, снизив одновременно расход стали. Эта задача была решена, с одной стороны, лучевой планировкой здания и устройством пространственной конструкции железобетонных связей, а с другой,—применением железобетонного каркаса с несущей арматурой.

Достигнутая расчетная жесткость здания оказалась весьма большой: прогибы верхнего этажа составляют 3,5 см, или $\frac{1}{3850}$ общей высоты здания, а перекосы панелей—от $\frac{1}{5500}$ до $\frac{1}{2500}$ общей высоты.

Расход стали 15,9 кг на 1 м³, что на 44% меньше, чем для чисто стальной несущей конструкции.

Проектировщики и строители много поработали как над самой конструкцией этого каркаса, так и над методами его возведения. В соответствии с утвержденными техническими условиями был соблюден разрыв между монтажом несущей арматуры и бетонированием всего лишь в два яруса, что позволило уменьшить сечения элементов несущей арматуры. Однако это создало и некоторые конструктивные трудности, так как гибкие сечения подвержены большим деформациям при сварке и монтажных нагрузках.

Полученная экономия стали подтвердила теоретические расчеты и убедительно доказала экономичность применения вместо стального каркаса железобетонного каркаса с несущей арматурой.

В этом отношении здание на Котельнической набережной бесспорно занимает первое место.

Это здание строилось одним из первых, что создало, так же как и при строительстве дома на Смоленской площади, трудности, связанные с новизной решения ряда технических вопросов.

Сроки строительства не позволили применить те прокатные двутавры, о которых упоминалось выше в связи со статьей инженеров Н. П. Мельникова и З. И. Брауде. Недоработанными на строительстве остались конструкция опалубки и система дополнительного армирования.

Заслуживает внимания конструкция нижних этажей здания, опертых непосредственно на фундамент. Этот прием, облегчающий конструкцию каркаса, должен быть изучен и распространен в практике высотного строительства.

В статье инж. А. Я. Козакова приводится описание производства некоторых работ на строительстве высотного здания на Смоленской площади, строителям которого одним из первых пришлось практически разрешить ряд сложных вопросов возведения таких зданий.

На этом строительстве надо было уложить 19 тыс. м³ бетона, не считая фундаментов, причем работы пришлось частично вести в зимних условиях. Строители должны были решить не только задачу обогрева и прогрева бетона, но гораздо более трудную проблему—обогрева мощных стальных конструкций, вытягивающих, как насос, тепло из бетона и создающих тем самым опасность образования наледи на арматуре и отслоения ее от бетона.

Эта задача была решена с помощью двух эффективных средств.

Для прогрева стали перед укладкой бетона была применена предложенная инж. Комиссаровым простая по конструкции и остроумная по идее электровоздуховка, а для прогрева стали после укладки бетона—специальная схема подключения электродов с использованием арматуры в качестве проводника.

Значительный интерес представляет разработанная строительством подвесная опалубка, а также опускаемая опалубка, нашедшая применение в верхних этажах здания.

Неудачный опыт с фанерной опалубкой отнюдь не должен давать основания для заключения о ее непригодности. Еще до войны опалубка из водостойчивой фанеры была с успехом применена у нас в опытном порядке и показала высокую оборачиваемость. Для этого необходима только действительно водостойчивая фанера достаточной толщины (не менее 10—12 мм). Такая фанера у нас имеется, и она полностью окупит себя своей многократной оборачиваемостью и снижением затрат на последующую отделку железобетонных поверхностей.

Применив железобетонный каркас с несущей арматурой, проектировщики высотного здания

на Смоленской площади пошли заранее на значительный разрыв между сроками монтажа арматуры и бетонирования каркаса, что повлекло за собой утяжеление несущей арматуры. Особенности такого метода производства работ требуют специального освещения.

На строительстве здания на Смоленской площади при устройстве фундаментов сборка арматуры выполнялась вручную. Бетонирование производилось с применением сборно-разборных металлических лесов оригинальной конструкции. Этот способ, основанный на обычных приемах производства железобетонных работ, нельзя, однако, признать наилучшим. На строительстве других высотных зданий были применены иные, более индустриальные методы, в частности конструкция несущей арматуры позволила обойтись без устройства специальных лесов. Так, на строительстве здания МГУ арматура предварительно собиралась в укрупнен-

ные жесткие блоки и устанавливалась вместе с опалубкой монтажными механизмами, что сократило до минимума ручной труд на месте.

Представленные в сборнике работы проектировщиков и строителей высотных зданий освещают далеко не все стороны высотного строительства, которое к тому же непрерывно обогащается практическим опытом и новыми достижениями.

Настоящий сборник подготовлен к печати сектором конструкций высотных зданий Института строительной техники (руководитель сектора член-корр. Академии архитектуры СССР К. К. Антонов).

В рецензировании статей приняли участие: действ. член Академии архитектуры СССР В. М. Келдыш, член-корр. Академии архитектуры СССР А. А. Гвоздев, доктор техн. наук М. В. Вавилов и члены редколлегии.

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ 32-ЭТАЖНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ В ЗАРЯДЬЕ

*Лауреат Сталинской премии
инж. И. М. ТИГРАНОВ*

Конструктивное решение 32-этажного административного здания в Зарядье обусловлено в первую очередь назначением и принятой архитектурной композицией этого здания.

Высотное здание в Зарядье, по числу этажей и высоте превышающее все другие здания, строящиеся в Москве согласно постановлению Совета Министров СССР от 13/I 1947 г., расположено в центре столицы, вблизи Кремля; в нем будут размещены государственные учреждения столицы. Поэтому к капитальности и долговечности этого здания предъявлены повышенные требования. Важнейшим условием, обеспечивающим эти требования, является минимальная деформативность несущего каркаса здания.

Обусловленные нормами для высотного строительства (ТУ-01—49 и ВТУ-03—49) расчетная величина перекоса панели каркаса (искажение прямого угла) в пределах не более 1:1000 и прогиб верха здания относительно фундамента не более 1:500 были продиктованы трудностью получения экономически приемлемых меньших величин при общепринятых, особенно рамных, решениях.

В основу конструктивной схемы здания в Зарядье было положено стремление достичь минимально возможной деформативности при расходе материалов (в первую очередь прокатной стали), не большем, чем в других высотных зданиях.

Строительство административного высотного здания в Зарядье началось позже, чем высотных зданий первой очереди (на Смоленской площади, здания Московского государственного университета на Ленинских горах, жилого дома на Котельнической набережной и др.). Это обстоя-

тельство оказало существенное влияние на проектирование здания: с одной стороны, время, остающееся до полного развертывания строительства, позволяет освоить промышленный выпуск ряда новых материалов, которые не были еще освоены к началу строительства зданий первой очереди (керамические блоки, керамзит, пеносиликат и т. п.), с другой стороны, явилась возможность учесть в проекте опыт строительства первых высотных зданий и благодаря этому избежать трудностей, с которыми столкнулись строители первых высотных зданий. Прежде всего это относится к производству железобетонных работ, темпы которых значительно отставали от монтажа стального каркаса. Разрыв между темпами производства этих видов работ был особенно замечен на строительстве здания на Смоленской площади, где монтаж стального каркаса был полностью закончен в четырехмесячный срок, тогда как бетонирование перекрытий и кладка стен к этому времени не были доведены еще и до трети высоты здания. На строительстве жилого дома на Котельнической набережной работы по монтажу каркаса, бетонированию перекрытий и кладке стен шли более равномерно, но темп железобетонных работ задерживал темпы всего строительства.

Это обстоятельство необходимо было учесть как при проектировании конструкций (уменьшение объема монолитного железобетона за счет применения сборных конструкций, укрупнение элементов стен и облицовки), так и при разработке проекта организации работ (ускорение бетонирования благодаря применению рациональной конструкции опалубки, более

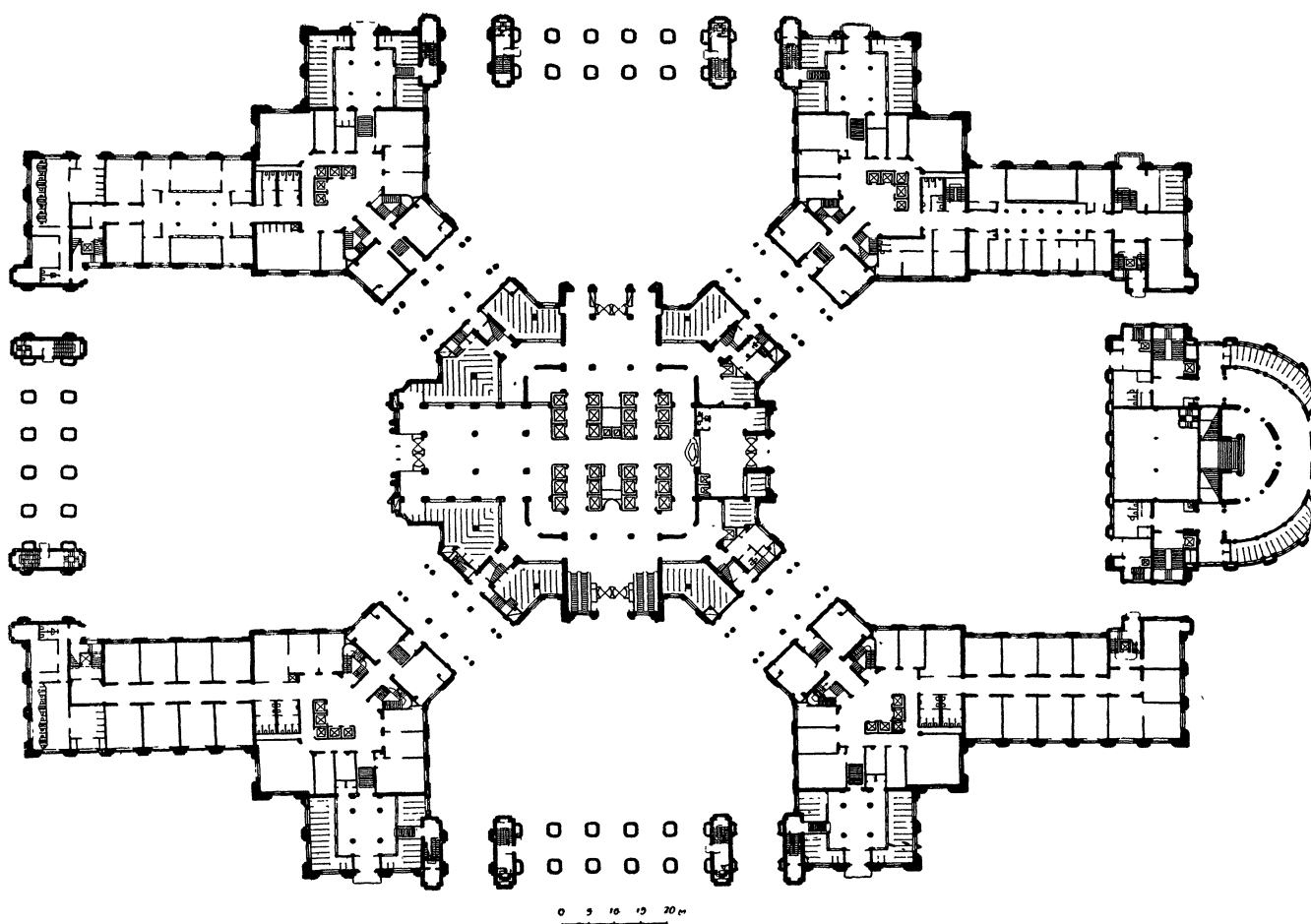


Рис. 1. 32-этажное административное здание в Зарядье. План нижнего объема (до 6-го этажа)

совершенных методов укладки бетона и т. п.). Опыт проектирования высотных зданий первой очереди (на Смоленской площади, на Котельнической набережной, на площади Восстания) и сравнение вариантов проекта здания в Зарядье показывают с полной очевидностью, что высокая жесткость здания — важнейший из факторов, определяющих его долговечность, — может быть обеспечена в пределах экономической целесообразности только железобетоном. В частности, в здании в Зарядье вариант каркаса с пространственными ветровыми связями из стали, получаемыми путем заполнения листовой сталью панелей, образуемых колоннами и ригелями, при полной аналогии расчетной схемы с вариантом каркаса со связями из железобетона дал значительно худшие показатели — снижение жесткости здания втрое при увеличении расхода прокатной стали примерно на 20%.

Естественно и логично, используя железобетон для обеспечения жесткости каркаса, использовать также и его несущую способность. В здании на Смоленской площади (где первоначально обетонировкой колонн стремились только повысить жесткость стального каркаса) использование несущей способности бетона путем решения каркаса как железобетонного с несущей стальной арматурой дало экономию 1600 т прокатной стали. Обетонировка каркаса наряду с повышением его несущей способности обеспечивает защиту стали каркаса от действия огня и коррозии.

Обетонировка стального каркаса более трудоемка, чем обкладка его кирпичом, однако, учитывая преимущества обетонированного стального каркаса, следует признать, что применение для высотного здания чисто стального каркаса может быть оправдано только в том случае, когда применение монолитного бетона

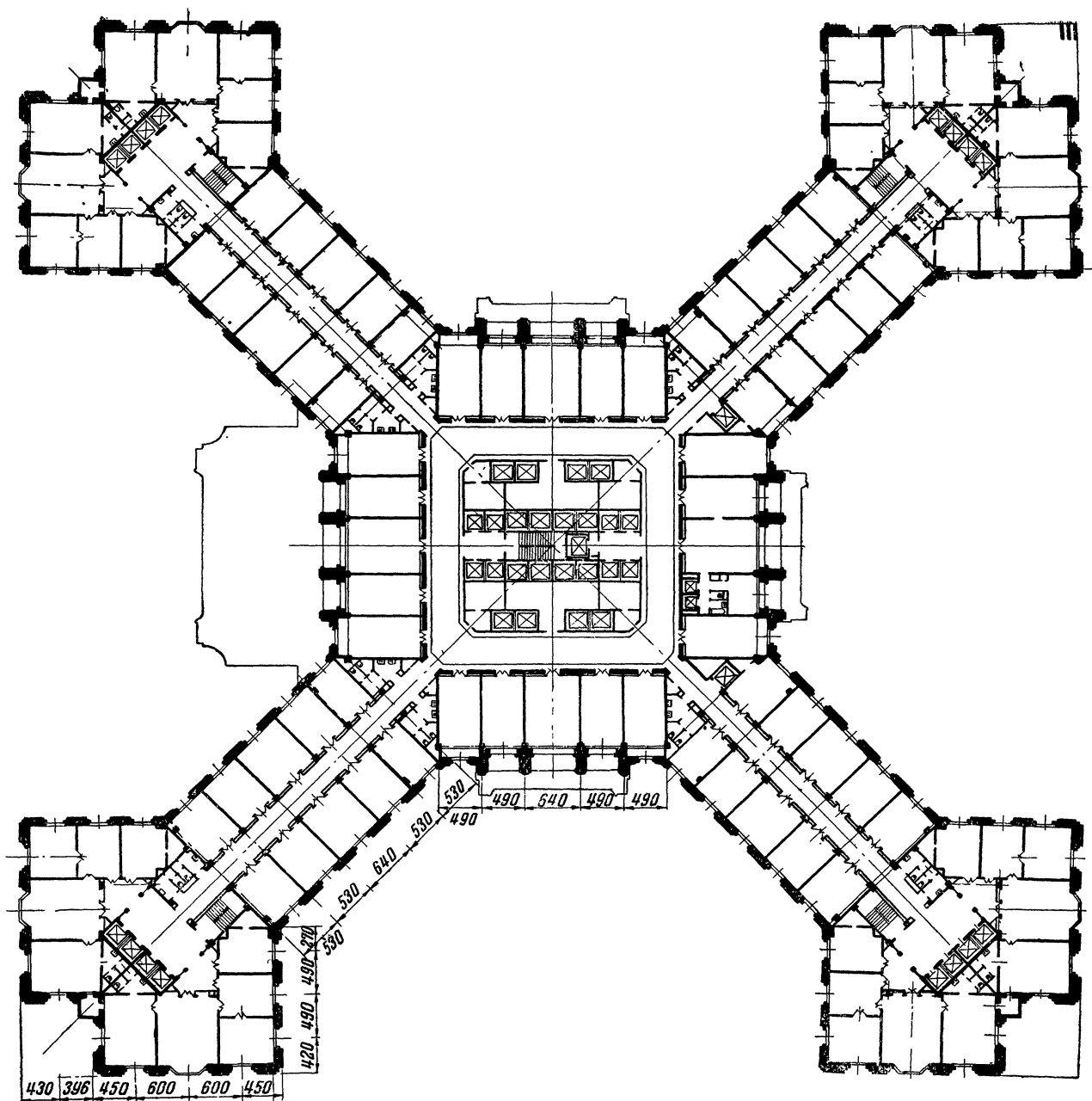


Рис. 2. 32-этажное административное здание в Зарядье. План среднего объема (с 6 до 14-го этажа). Один из вариантов проекта

в перекрытиях здания если и не исключено совсем, то сведено к минимуму.

Если же все несущие конструкции здания выполняются из монолитного железобетона, то удельный вес обетонировки колонн в общем объеме бетона настолько незначителен (по жилому дому на Котельнической набережной—16%, по жилому дому на площади Восстания—19%),

что не может заметно усложнить производство работ и замедлить его темпы.

Конструктивная схема здания была разработана в увязке с его объемно-планировочным решением.

Высотная часть здания имеет в плане форму квадрата размерами в нижнем объеме (до 15-го этажа) 55×55 м, в верхнем объеме

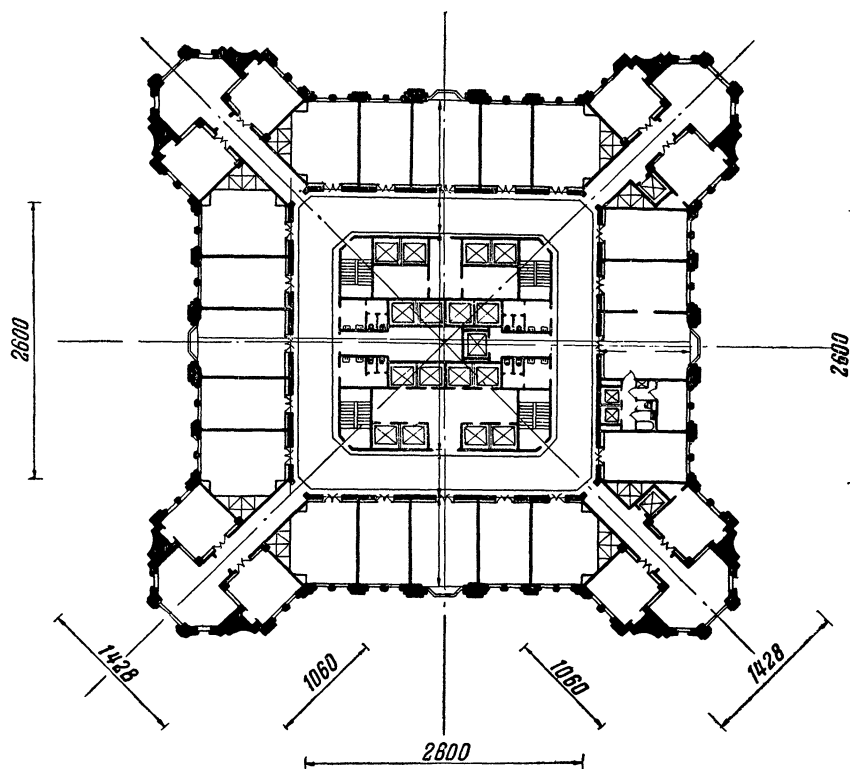


Рис. 3. 32-этажное здание в Зарядье. План верхнего объема (с 15 до 32-го этажа). Один из вариантов проекта

(с 15 по 32-й этаж)— 46×46 м с диагональными выступающими открылками. На высоту до 6-го этажа эти открылки связывают высотную часть здания с 6-этажными корпусами, окружающими его по периметру (рис. 1), а на высоту с 6 по 14-й этаж открылки идут двумя уступами: до 9-го этажа длиной 57,0 м (рис. 2) и до 14-го этажа длиной 28,5 м.

В верхнем объеме (с 15 по 32-й этаж) длина открылков уменьшается до 10,6 м (рис. 3).

Квадратная часть здания пересечена диагональными коридорами, соединяющимися в центре здания, где расположена центральная группа лифтов.

Сочетание в плане высотной части здания взаимно перпендикулярных и диагональных осей, усложнив расстановку колонн каркаса, побудило отказаться от шаблонной рамной конструкции и искать иное, более эффективное в данном случае решение¹.

¹ Разработанный в процессе проектирования вариант несущих конструкций в виде стального рамного каркаса показал свою полную несостоятельность. При жесткости здания, едва достигавшей нормативной (и в шесть раз менее жесткости, полученной при железобетонном каркасе со связями), расход стали в высот-

В принятом решении основной конструкцией, воспринимающей ветровую нагрузку и обеспечивающей общую жесткость здания, является система пространственных ветровых связей, образующих замкнутую восьмигранную призму.

В эскизном проекте здания эти связи совмещались с наружными стенами высотной части здания². Однако при разработке технического проекта произведенные расчеты показали что многочисленные оконные проемы в наружных стенах настолько ослабляли конструкцию и снижали ее жесткость, что оказалось значительно более выгодным перенести связи внутрь здания, совместив их со стеной, выделяющей центральный лифтовый вестибюль. Хотя при этой схеме основные размеры жесткой коробки, образуемой связями, и уменьшились, но значительное сокращение числа проемов с лихвой компенсировало это уменьшение.

ной части почти на 7000 т превысил расход стали на железобетонный каркас со связями.

² Более подробно см. в статье автора «Железобетонная стена-оболочка многоэтажного каркасного здания» в журнале «Городское хозяйство Москвы» № 11 за 1948 г.

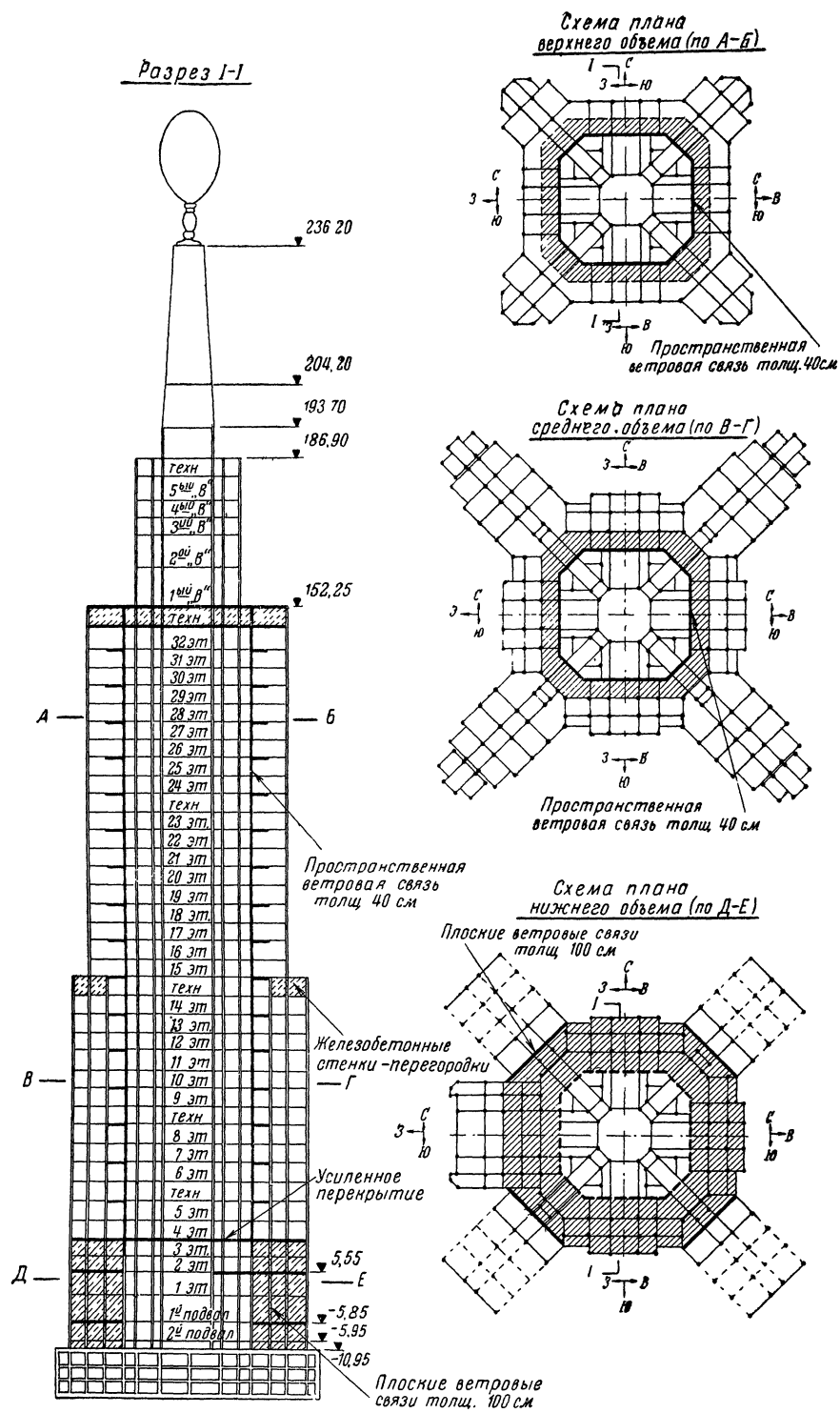


Рис. 5. Схема пространственной железобетонной конструкции ветровых связей. Второй вариант

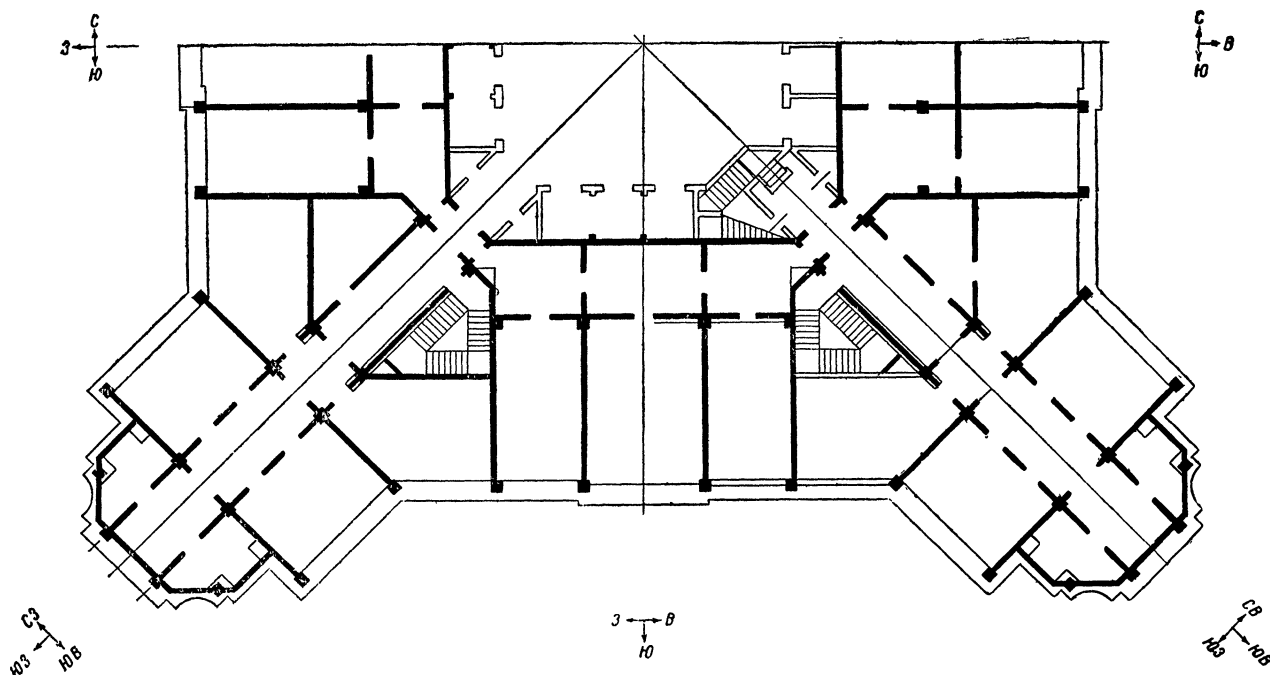


Рис. 6. План железобетонного ростверка на 32-м (техническом) этаже

Железобетонные ветровые связи простираются от верха фундаментной коробки до перекрытия над 32-м этажом.

В техническом проекте расположение лифтов высотной части было разработано в двух вариантах.

В первом варианте по условиям планировки пространственная конструкция связей в виде замкнутой коробчатой системы, близкой в плане к квадрату, проходила в верхнем объеме (с 15 по 32-й этаж) и в среднем (с 4 по 15-й этаж) в разных плоскостях (рис. 4). В местах перехода от одного объема к другому связи перепускались на один этаж; кроме того, в этих местах для восприятия дополнительных усилий, возникающих от смещения части стенок, в плоскости перегородок вводились специальные вертикальные железобетонные диафрагмы, перпендикулярные к граням коробчатой конструкции.

Во втором варианте удалось осуществить пространственную конструкцию связей на всю высоту, с 4-го по 32-й этаж, без смещения плоскостей граней—в виде призмы одного диаметра (рис. 5).

Это решение значительно упростило конструкцию и создало благоприятные предпосылки для значительного ускорения производства работ.

В верхней части пространственной конструкции связей на 32-м (техническом) этаже запроектирован железобетонный ростверк из вертикаль-

ных стенок, высота которых равна высоте этажа (рис. 6). Этот ростверк, связывающий коробку связей с колоннами, резко уменьшая вертикальные перекосы конструкции, препятствует деформации поперечного сечения здания.

В обоих вариантах конструкции связей, разработанных в техническом проекте, пространственная коробчатая система доводилась только до уровня 4-го этажа. Ниже 4-го этажа до верха фундамента связи были решены в виде четырех железобетонных стен, расположенных перпендикулярно к диагональным осям высотной части (см. рис. 4 и 5).

Такое решение, отвечающее планировке нижних этажей здания, предохраняет пространственную конструкцию связей от возможных температурных деформаций, особенно в процессе производства работ.

При рассмотрении технического проекта экспертизой было выдвинуто требование довести пространственную конструкцию связей до фундаментной коробки. Это требование будет выполнено при условии, что детальный расчет подтвердит возможность восприятия могущих возникнуть температурных напряжений. Стенки связей запроектированы из бетона марок от «170» до «300». В первом варианте планировки (со смещением стенок связей в верхних объемах) толщина стенок пространственной конструкции связей была принята в 20 и 30 см; при этом стойки с жесткой арматурой, служащей здесь

