

УДК 69.035.4:711.7

Людмила Митрофановна ШОХИНА,
главный инженер проекта
УП "Минскпроект"

Тимофей Максимович ПЕЦОЛЬД,
доктор технических наук,
профессор кафедры
"Железобетонные и каменные
конструкции"
Белорусского национального
технического университета,
Заслуженный деятель науки
Республики Беларусь,
научный руководитель проекта

Дмитрий Николаевич ЛАЗОВСКИЙ,
доктор технических наук,
профессор, ректор Полоцкого
государственного университета,
конструктор проекта

Анатолий Иванович ПОПОВ,
главный конструктор проекта,
ЗЛО "Белпроектстальконструкция"

Владимир Анатольевич ПОТЕРЦУК,
главный конструктор проекта,
главный конструктор
УП "Институт ИИПТИС"

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ КНИГОХРАНИЛИЩА НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ БЕЛАРУСИ*

STRUCTURAL-TECHNOLOGICAL DETAILS OF ERECTING HIGH-RISE BOOK STORAGE OF THE NATIONAL LIBRARY I OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Рассмотрен раздел проекта и технологии строительства многоэтажного здания книгохранилища Национальной библиотеки Беларуси. Приведены результаты поиска, а также окончательный вариант проектного решения пространственного каркаса многоэтажного здания сложной геометрической формы, учитывающие различные этапы строительства и эксплуатации здания.

The design and technological part of the construction project of a high-rise book storage of the National Library of Belarus has been considered. The results of search and acceptance of the final design of the high-rise space framed building of an intricate geometric shape are presented taking account of various stages of its erection and maintenance.

ВВЕДЕНИЕ

Окончательная конструктивная схема многоэтажного каркасного здания книгохранилища и пространственного коробчатого фундамента была выбрана после рассмотрения и изучения целого ряда поисковых вариантов, научного обоснования надежности и эксплуатационных качеств сооружения [1-4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКА И ПРИНЯТИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ

При поиске конструктивного решения здания книгохранилища на первое место всегда ставилось условие

сохранения оригинальной архитектурно-геометрической формы здания в виде ромбокубооктаэдра, а это, в свою очередь, значительно усложняло принятие окончательного конструктивного варианта.

Как отмечалось ранее [1, 2, 4], весьма сложной задачей явилось обеспечение нормативных требований по деформативности конструкций и их узлов на внешнем контуре здания в связи с его облицовкой стеклом. На первом этапе это было так называемое "структуральное" остекление стен, когда декоративное стекло устанавливается непосредственно вплотную к поверхности стены, а в окончательном варианте — это "спайдерное" остекление, монтируемое на определенном отnose от стены здания, что и было реализовано в натуре [1, 2].

Для такой необычной геометрии здания с 8-ю вертикальными и наклонными плоскостями размерами 24x24 м

* Продолжение статьи, опубликованной в № 1(4) 2006 г.

** Continuation of the article published in the issue No. 1 (4) 2006.

выдержать допустимую деформацию по вертикали и горизонтали в пределах $1/1000$ пролета оказалось очень сложной задачей. Решение ее только путем увеличения геометрических размеров сечения; уменьшения шага расстановки обвязочных колонн, расположенных на внешнем контуре здания, и железобетонных поясов, расположенных в уровне дисков перекрытия, привело к тому, что соб-

ственный вес несущих конструкций был значительно увеличен [4].

Это был очень сложный научный и технический момент в стадии проектирования пространственного каркаса, так как требовалось свести до минимума геометрию всех несущих конструкций с целью максимального сохранения объема помещений, технологии хранения и

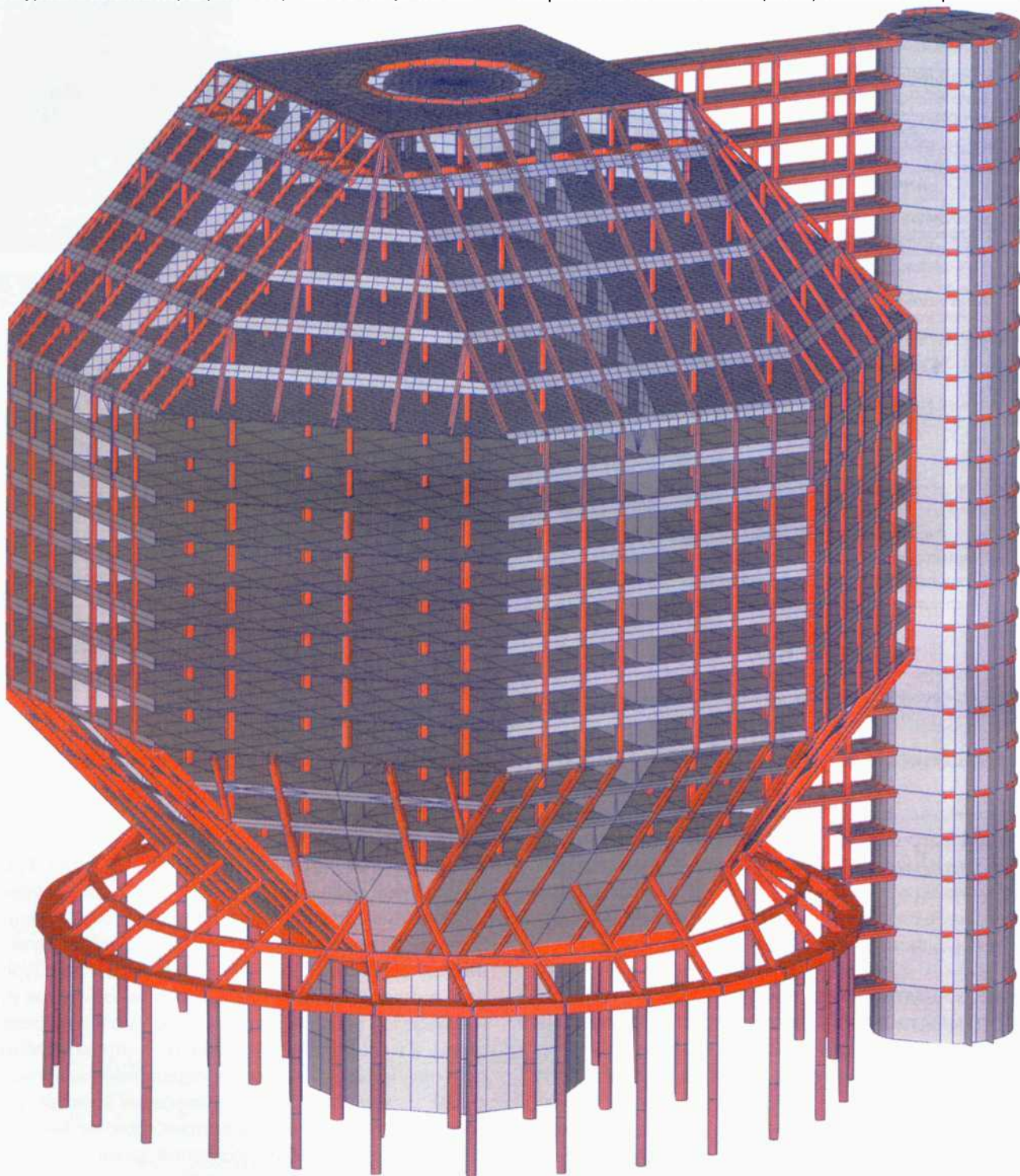


Рисунок 1. Базовый вариант конструктивной схемы здания книгохранилища с отметки 0,00 (без пространственного фундамента)

доставки книг в книгохранилище и других технических требований [4].

Вот тогда была высказана идея установить в верхней части пространственного каркаса, начиная с отметки 54,6 м, дополнительно к четырем существующим еще четыре диафрагмы жесткости. Компьютерное моделирование показало, что в этом случае резко уменьшается деформативность на внешнем контуре каркаса здания даже при минимальном размере колонн и железобетонных поясов. Безусловно, постройка еще четырех диафрагм жесткости с отметки 54,6 до 72,6 м уменьшала полезную площадь книгохранилища и существенно увеличивала собственный вес конструкции. Поэтому путем многократной корректировки расчетной модели пространственного каркаса удалось достичь требуемой деформативности на внешнем контуре здания и предусмотреть установку диафрагм жесткости лишь с отметки 66,6 до 72,6 м, что и было реализовано в натуре. С отметки 66,6 м в здании книгохранилища размещаются вспомогательные помещения, такие как кафе, обзорная площадка и т. д. Принятое решение не внесло каких-либо существенных изменений в планировку этих помещений.

На рисунке 1 показана окончательная конструктивная схема пространственного каркаса здания книгохранилища. С целью большей наглядности часть колонн внешнего контура пространственного каркаса здания на рисунке 1 не показана.

Таким образом, в окончательной расчетной модели каркаса несущими элементами, воспринимающими эксплуатационную нагрузку и передающими ее на коробчатый пространственный фундамент здания книгохранилища, являются (рисунки 1, 2) [1, 2, 4]:

- восьмигранный и круглый стволы ядра жесткости, расположенные на отметках от 12,6 до 72,6 м, т. е. на всей высоте каркаса;
- дополнительные четыре диафрагмы на шести нижних этажах на отметках от 72,6 до 30,6 м и на двух верхних этажах на отметках от 66,6 до 72,6 м;
- колонны внешнего контура здания;
- опорное сталежелезобетонное кольцо с подкосами;
- безбалочное железобетонное перекрытие этажей;
- колонны, в том числе трубобетонные.

Введение в расчетную модель четырех верхних диафрагм жесткости, расположенных по диагоналям квад-



Рисунок 2. Общий вид возведения здания книгохранилища на отметке 66,9 м



Условно, в качестве примера, взяты колонны, расположенные в одной плоскости пространственного каркаса по оси С

Рисунок 3. Усилия в колоннах каркаса здания на отметках 54,6-72,6 м при действии эксплуатационной нагрузки

рата 24x24 м, принципиально изменило напряженно-деформируемое состояние колонн, расположенных на отметках выше 54,6 м (рисунки 1, 3). Часть из этих колонн, безбалочных перекрытий и колонн внешнего контура здания стали воспринимать растягивающие усилия уже на стадии монтажа конструкции после раскружались (см. рисунок 3) [1]*.

верхних этажей, на растяжение. Совершенно понятно, что в этом случае пришлось отказаться от железобетонных колонн, заменив их металлическими с последующим обетонированием (рисунок 5)**.

Обетонирование металлических колонн и балок позволило обеспечить требуемую пространственную жесткость каркаса и одновременно решить вопрос их огнестойкости [3].



Рисунок 4. Монтаж металлических колонн на отметке 54,6 м

ВОЗВЕДЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КАРКАСА КНИГОХРАНИЛИЩА

При разработке проекта монтажа металлоконструкции пространственного каркаса здания с отметки 51,6 м было рассмотрено несколько возможных вариантов производства работ.

Первый вариант — это продолжение возведения каркаса здания с поэтажными захватками, т. е. с постепенным поэтажным наращиванием металлических колонн и замыканием каркаса балками диска покрытия на отметке 72,6 м.

Второй вариант — это предварительный монтаж всех металлических конструкций с отметки 51,6 м, установка главных обвязочных балок контура размерами 24x24 м ромбокубооктаэдра на отметке 72,6 м и завершение монтажа второстепенных балок покрытия после окончания бетонирования диска перекрытия на отметке 72,6 м.***

* Математическое моделирование и расчеты пространственного каркаса выполнены специалистами БИТУ, ПГУ и "Минскпроект".

** Проект металлического пространственного каркаса разработан ЗАО "Белпроектстальконструкция".

*** Проект производства работ по монтажу металлоконструкций был разработан ОАО "Оргстрой" ПК "Минскстрой".



Рисунок 5а



Рисунок 5б

Рисунок 5. Общий вид металлического каркаса: а — на отметке 72,6 м; б — обетонированные металлические колонны каркаса в подвесной опалубке

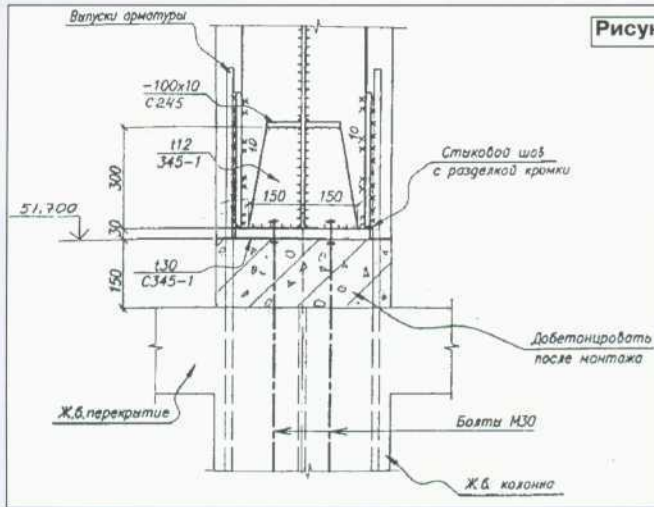


Рисунок 6а



Рисунок 6б

Рисунок 6. Узлы сопряжения металлических колонн с железобетонными:
 а — вертикальные колонны безбалочного перекрытия (узел "Б", рисунок 9);
 б — наклонные колонны наружного контура здания (узел "А", рисунок 9)

Первый вариант монтажа каркаса с поэтажным наращиванием металлических колонн вызывал необходимость устройства дополнительных стыков в колоннах, а также не давал гарантии, что удастся обеспечить стыковку наклонных колонн с вертикальными колоннами и главными обвязочными балками, расположенными на отметке 72,6 м, с соблюдением проектных пропусков.

В заводских условиях все узлы сопряжения элементов металлоконструкции были проверены при предварительной укрупнительной сборке. Этот вариант монтажа каркаса не требовал внесения каких-либо изменений в ранее разработанный регламент устройства опалубочной системы и технологию бетонирования.

После тщательного анализа за основу был принят второй вариант с предварительным монтажом всего металлического каркаса с отметки 51,6 до 72,6 м*.

Для обеспечения пространственной устойчивости колонн была предусмотрена система связей (см. рисунки 3, 4).

Некоторую сложность при устройстве опалубочных систем создавали смонтированные вертикальные ко-

лонны и связи по ним, однако и эти неудобства были преодолены [3].

Достаточно сложной в техническом исполнении явилась точность установки монтажных болтов для соединения железобетонных колонн с металлическими (рисунок 6). Был организован специальный контроль и каждый узел сопряжения передавался ЗАО "Строй-



Рисунок 7. Узел сопряжения металлической колонны с железобетонным диском безбалочного перекрытия. Нижняя часть металлической колонны бетонирована (узел "В", рисунок 9)

* Монтаж металлоконструкций был выполнен специалистами СМУ-77.

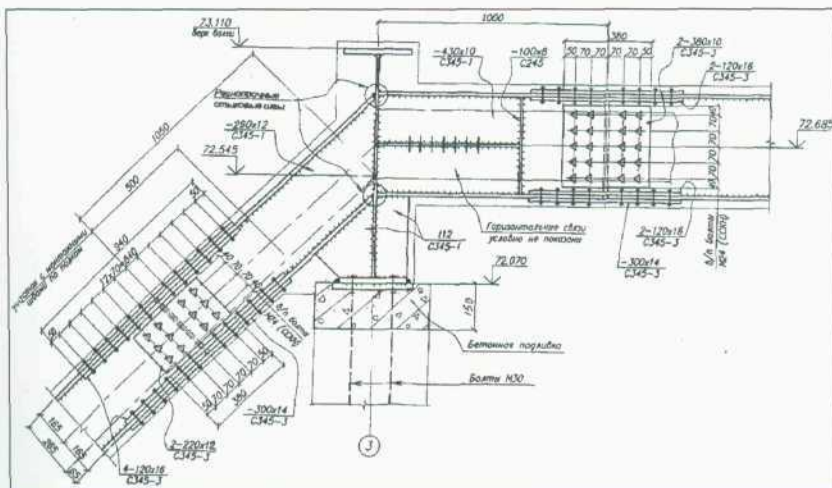


Рисунок 8. Узел сопряжения главной балки верхнего контура 24x24 м с наклонной наружной колонной и колонной безбалочного перекрытия (узел "Г", рисунок 9)

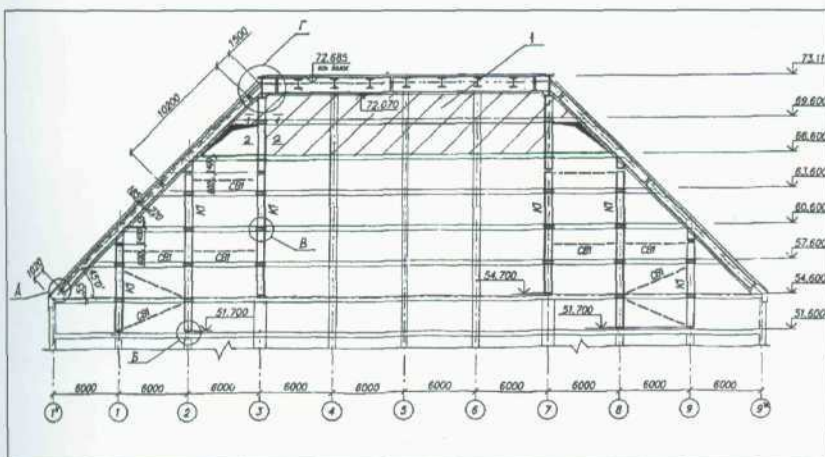


Рисунок 9. Схема раскладки металлических колонн и балок по осям М и С пространственного каркаса



Рисунок 10. Армирование короткой диафрагмы жесткости на отметке 66,6 м

трест № 7" специалистам СМУ-77 по акту с тщательной выверкой геометрии установок анкеровных болтов.

Дальнейший монтаж конструкции показал, что эти жесткие требования по соблюдению геометрии узлов сопряжений колонн позволили смонтировать весь каркас с отметки 51,6 до 72,6 м без каких-либо отступлений от проекта.

На рисунках 6 и 7 представлены узлы сопряжения железобетонных колонн с металлическими, выполненные с помощью анкеровных болтов.

Урупнительная сборка металлических конструкций осуществлялась с помощью высокопрочных болтов (рисунки 5, 8).

В зоне сопряжения металлических колонн с железобетонными дисками безбалочных перекрытий с целью обеспечения площадки опирания перекрытия на колонну были предусмотрены специальные горизонтальные пластины, которые соединялись на сварке с колоннами (см. рисунок 7).

Определенную техническую сложность вызвал монтаж железобетонных диафрагм жесткости, расположенных на отметках 66,6-72,6 м. Эти дополнительные четыре диафрагмы жесткости расположены по диагоналям верхней части ромбокубооктаэдра размерами 24x24 м и находятся в одной плоскости с металлическими колоннами каркаса (рисунки 1, 5, 9). На рисунке 10 показано армирование короткой железобетонной диафрагмы жесткости с усилением отверстия в зоне дверного проема с помощью металлической обоймы. Для обеспечения включения диафрагм жесткости в совместную работу с металлическими колоннами каркаса было предусмотрено утолщение диафрагм с изменением геометрии арматурных стержней каркасов. На рисунке 11 приведены узлы сопряжения металлических колонн с короткими диафрагмами жесткости на отметках 66,6 и 69,6 м. На отметке 66,6 м предусмотрен обрыв диафрагм в зоне металлической колонны с целью устройства проема для прохода между помещениями на 21-ом этаже для осмотра панорамы города.

Диск покрытия ромбокубооктаэдра размерами 24x24 м выполнен в сталежелезобетонных конструкциях (рисунок 12). С целью

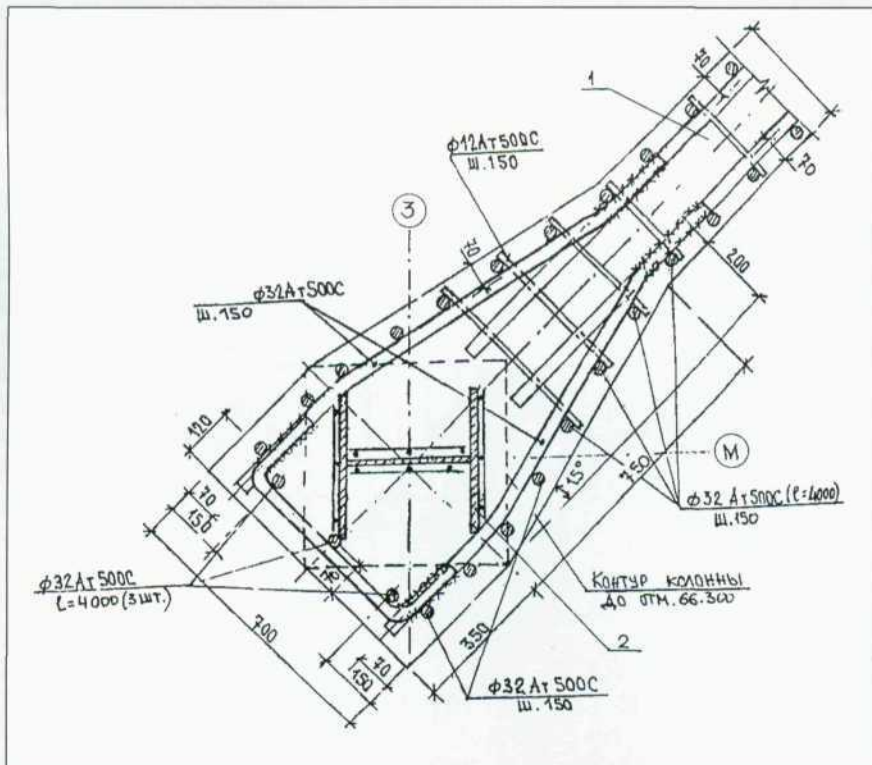
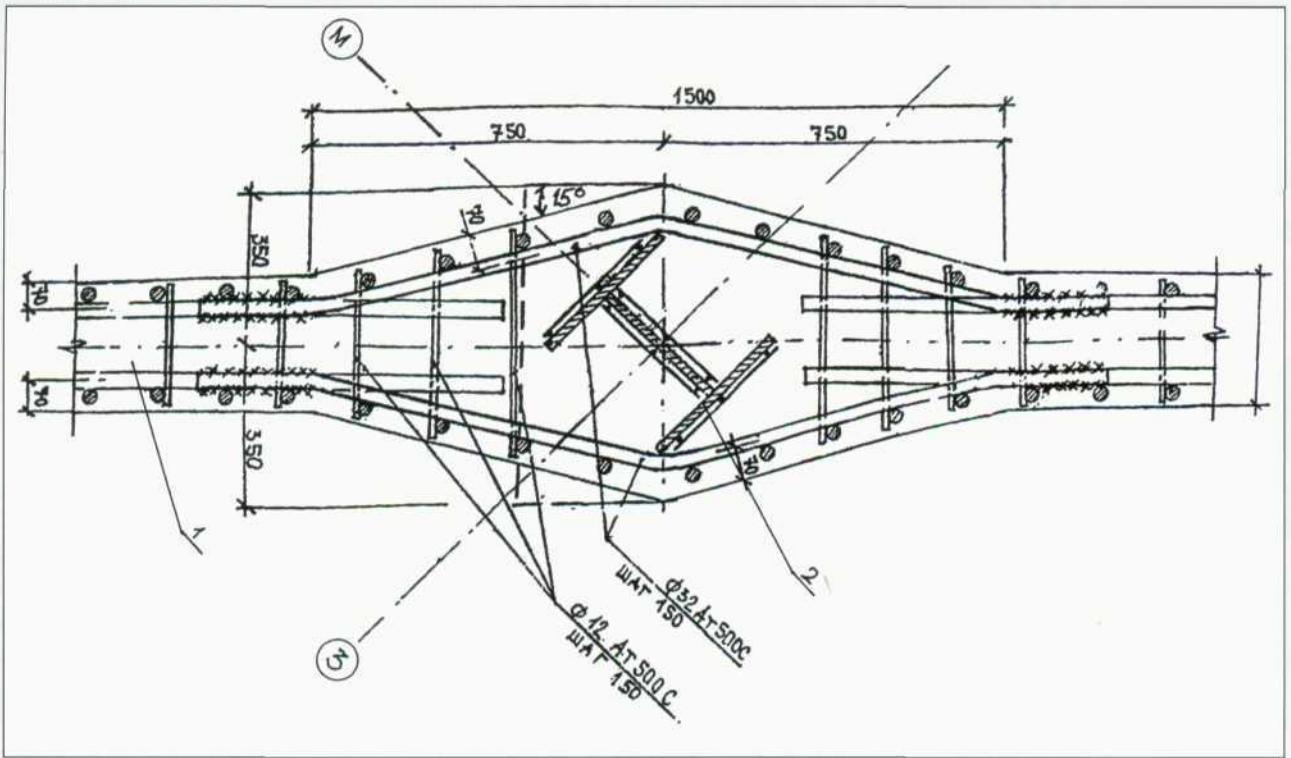


Рисунок 11. Узлы сопряжения коротких диафрагм жесткости на отметках 66,6–72,6 м:
 а — на отметках 69,6–72,6 м (сечение 1–1, рисунок 9);
 б — на отметках 66,6–69,6 м в зоне проема (сечение 2–2, рисунок 9)

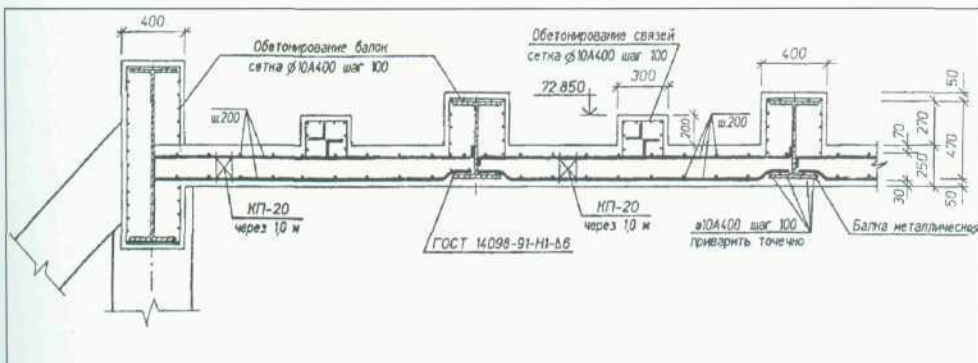


Рисунок 12. Фрагмент сталежелезобетонного покрытия пространственного каркаса ромбокубооктаэдра на отметке 72,6 м

снижения собственного веса конструкции покрытия и выравнивания эксплуатируемой кровли, ячейки между сталежелезобетонными балками были заполнены керамзитобетоном крупной фракции.

Как отмечалось ранее [1], в процессе раскручивания пространственной системы каркаса здания были выполнены инструментальные замеры относительных деформаций бетона обетонированных металлических колонн, которые показали, что растягивающие напряжения, возникшие в колоннах, близки к расчетным. В ряде колонн, где растягивающие усилия имели максимальные значения, образовались горизонтальные трещины с шагом 300-400 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдение за работой конструкций каркаса в течение 2006 года не выявило каких-либо отклонений от требований проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шохина, Л.М. Конструктивно-технологические особенности возведения высотного здания книгохранилища Национальной библиотеки Беларуси / Л.М. Шохина, Т.М. Пецольд [и др.] // Строительная наука и техника. — 2006. — № 1 (4). — С. 3-15.
- 2 Виноградов, М.К. Архитектурно-конструктивные решения уникального здания Национальной библиотеки Беларуси / М.К. Виноградов [и др.] // Строительная наука и техника. — 2005. — № 1(4). — С. 8-13.
- 3 Пецольд, Т.М. Компьютерное моделирование и расчеты высотного здания фондохранилища Национальной библиотеки Беларуси. Том 1-39. / Научные руководители Т.М. Пецольд, Д.Н. Лазовский. — Объект № 98-003 ПКУП "Минскпроект". — Минск, 2002. — 2004.
- 4 Научное сопровождение проектирования, строительства и наблюдения за поведением конструкций здания Национальной библиотеки Беларуси: отчеты о НИР / Белор. нац. техн. ун-т; науч. рук. Т.М. Пецольд. — Минск, 2002-2005.
- 5 Марковский, М.Ф. Теория и практика создания опалубочных систем и технологий интенсивного возведения зданий из монолитного железобетона / М.Ф. Марковский // Строительная наука и техника. — 2005. — № 1(4). — С. 43-52.
- 6 Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01 -84*. — Госстрой СССР. — ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 80 с.
- 7 Нестеренок, М.С. Методы и результаты контрольных геодезических работ при строительстве высотного книгохранилища национальной библиотеки Республики Беларусь / М.С. Нестеренок [и др.] // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2005. — № 3(18). — С. 15-18.