

## Пределы огнестойкости несущих элементов стального каркаса

| <i>Тип балки</i>  |  | <i>Предел огнестойкости</i> | <i>Тип колонны</i>   |  |
|---|--|-----------------------------|--|--|
|  | Незащищенная балка                               | R15                         |  | Незащищенная колонна                                     |
|  | Балка с опорными столиками из уголков            | R30                         |  | Колонна с заполнением блоками                            |
|  | Перекрытия пониженной высоты со скрытыми балками | R60                         |  | Колонна с заполнением неармированным бетоном             |
|  | Частично защищенная балка                        | R90                         |  | Колонна с заполнением армированным бетоном               |
|   |  | R120                        |  | Колонна полого сечения, заполненная армированным бетоном |

Как показывают результаты технико-экономического анализа [2, 3], применение частично защищенных стальных конструкций вместо традиционных способов огнезащиты позволяет снизить общую стоимость строительства на 20...40 %, а при использовании методов оптимального проектирования снижение может достигать 50 %.

## Список литературы

1. Федоров В. С., Левитский В. Е., Молчадский И. С., Александров А. В. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций. М. : АСВ, 2009. 408 с.
2. Bailey C. G., Newman G. M., Simms W. I. Design of Steel Framed Buildings without Applied Fire Protection. SCI Publication 186 // The Steel Construction Institute, Ascot. 1999.
3. Piquer D. Hernández-Figueirido. Protected steel columns vs partially encased columns: Fire resistance and economic considerations // Journal of Constructional Steel Research. 2016. Vol. 124. P. 47–56.

УДК 69.07

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*М. И. Гостева*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(г. Москва, Россия)*

При создании уникального сооружения основным принципом формообразования, в большинстве случаев, является архитектурная идея. Подобные сооружения требуют

комплексного подхода. Кроме того, в связи с ужесточившимися в последние десятилетия требованиями к экономичности сооружений, встает задача выбора оптимального решения.

**Ключевые слова:** *большепролетные здания, сооружения, пространственные конструкции, проектирование.*

When you create unique structures the basic principle of shaping, in most cases, is an architectural idea. Such structures require an integrated approach. In addition, due to severe in the last decades the demands for efficiency of construction, arises a problem of selecting the optimal solution.

**Keywords:** *large-span buildings, constructions, spatial structure, desing.*

Большепролетными сооружениями являются в основном общественные здания с пролетом свыше 60 м, с одновременным пребыванием в них людей численностью более 300 человек, такие как: стадионы, спортивные залы и манежи, концертные и театральные залы, выставочные павильоны, крытые рынки, вокзалы, где основной технологический объект имеет крупные габариты или для его использования требуются большое свободное пространство. Такие здания, являясь крупными градостроительными объектами, определяют архитектурный облик города, они имеют повышенный уровень ответственности, их отказы могут привести к тяжелым экономическим и социальным последствиям. Вследствие чего к ним высокие требования по интерьеру, обеспечивающему необходимый комфорт, а также рациональности и безопасности эксплуатации, долговечности конструкций, изысканиям и проектным работам, правилам приемки и эксплуатации.

По причине уникальности каждого большепролетного здания при его проектировании необходим комплексный подход выбора объемно-планировочных и конструктивных решений, непосредственно зависящих от функционального назначения здания, методов возведения и условий эксплуатации. Оптимальное решение находится на основе вариантного проектирования, исходя из требований надежности, устойчивости, техноэкономических показателей, учитывая экологические и социальные факторы.

Еще в Средние века, во времена только возникновения теории проектирования оболочек покрытия, началось активное строительство с их применением. В те времена инженеры не имели большой кругозор в этой теме необходимый для доведения расчетов до числа, вследствие чего при проектировании полагались на интуицию и опыт предыдущих поколений.

К сегодняшнему дню проектирование большепролетных зданий сильно эволюционировало, основываясь на МКЭ, характеризуется следующими моментами [1]:

- расчет каких-либо сложных зданий и сооружений с помощью сверхмощных программ;
- разнообразное использование бетона для любых соответствующих условий;

- в ногу с усовершенствованием технологий, материалов, изменений в расчетах дорабатываются нормы строительства;
- для подтверждения правильности расчетов их проводят в двух разных комплексах с достижением минимальной разницы;
- получение показателей усилий от ветровой и снеговой нагрузки с помощью испытываемого макета в аэродинамической трубе;
- совершенствование технологий в возведении уникальных зданий;
- учитывается нелинейность работы конструкций;

При расчете большепролетного здания его необходимо представлять, как единую пространственную систему, состоящую из фундамента, каркаса, покрытия, с учетом продольных, изгибных и крутильных жесткостей основных, а в ряде случаев и второстепенных элементов; их проектных связей, узловых эксцентриситетов. Расчеты производятся на статические и динамические нагрузки [2] и воздействия на конструкцию и ее элементы в процессе изготовления, транспортировки, возведения и эксплуатации, подтверждающие надежность и пространственную устойчивость системы на всех этапах.

При проектировании большепролетных зданий одной из самых главных и трудных частей - это покрытие, ведь общественные сооружения требуют больших пространств без промежуточных опор. Основной нагрузкой покрытия является собственный вес несущих и ограждающих конструкций. Применение высокопрочных и легких конструкционных материалов дает большую экономию в силу эффекта обратной связи. Синхронно собственного веса также уменьшается и усилия в элементах [3].

Для решения покрытия больших пролетов используют:

- *пространственные конструкции*, структура которых представляет собой перекрестную систему металлических, железобетонных и деревянных балок или ферм с параллельными поясами;
- *висячие конструкции* [4], роль несущих конструкций которых играют гибкие нити конечной изгибной жесткости, фермы из жестких элементов, работающие на растяжение, воспринимающие поперечную нагрузку и передающие их на анкеры. Основным недостатком данных конструкций – деформативность от временных нагрузок;
- *вантовые покрытия*, пролетная часть которых – это сеть вант, на которую укладываются ограждающие конструкции с опорным контуром, неработающих совместно. Упругие деформации вант являются их причиной прогибов, в чем преимущество их перед висячими конструкциями. Следует обратить внимание на некоторую многодельность изготовления вантовых конструкций и трудоемкость регулирования предварительного напряжения вант при монтаже, на необходимость надежной защиты от коррозии самих вант и узлов;

- *металлические мембраны* являющиеся пространственной тонкой металлической конструкцией, каждый лист, работающего на растяжение в двух направлениях, прочностные свойства которого максимально используется. Одновременно играет роль ограждающего и несущего элемента, в связи с чем, считается одним из наиболее эффективных типов. Тонкой мембраной можно перекрыть до 300 м и более. Тонколистовые покрытия просты в изготовлении и монтаже. Полотнища заводского изготовления шириной до 12 м и длиной на пролет доставляют на строительную площадку свернутыми в рулоны. На монтаже в большинстве случаев их раскатывают на проектной отметке по системе предварительно смонтированных вспомогательных элементов. Между собой и с опорным контуром полотнища соединяют сваркой или высокопрочными болтами. Опорный контур выполняется из железобетона или металла. Область применения мембранных конструкций – покрытия стадионов, спортивных залов, универсальных спортивно-концертных комплексов, рынков, выставочных павильонов и т. п.;

- *купола*, являющиеся пространственной конструкцией чаще всего круглого, эллиптического выпуклого покрытия здания, работающего на сжатие с передачей нагрузки на опоры;

- *своды*, являющиеся оболочкой двоякой кривизны, применяют для покрытия прямоугольных в плане помещений.

В настоящее время построено большое количество уникальных зданий. С каждым новым сооружением пролет увеличивается, а синтетическое покрытие имеет меньшую толщину, материалом каркаса которого является, в основном, металл. Последующий шаг в развитии строительства данных сооружений за новыми материалами и их комбинациями, конечно же совершенствование расчетных программ, новыми пространственными конструкциями.

#### Список литературы

1. Сысоева Е. В. Научные подходы к расчету и проектированию большепролетных конструкций // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 2 (101). С. 131–141. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.2.131-141.
2. Еремеев П. Г. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений. ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2006.
3. Металлические конструкции / под. ред. Г. С. Веденикова. М. : Стройиздат, 1998.
4. Кирсанов Н. М. Висячие и вантовые конструкции. М. : Стройиздат, 1981.