

УДК 624.014

## ***СПЕЦИФИКА РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЁТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ***

***Ливада С.В.***

*студент магистратуры*

*ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»*

*Россия, г. Москва*

***Данилов А.И.***

*К.т.н., доцент кафедры «Металлические конструкции»*

*ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»*

*Россия, г. Москва*

### **Аннотация**

В статье приведена специфика расчета и проектирования большепролетных зданий и сооружений. Авторы рассматривают особенности предпроектной подготовки, составления технического задания, стадии «Проект» и «Рабочее проектирование». По результатам исследования сделаны выводы, что к проектированию и расчету большепролетных зданий применяются самые высокие требования, которые прописаны в нормативной документации. Для более точных расчетов и результатов необходимо использовать экспериментальные исследования с использованием современного оборудования и программного комплекса.

**Ключевые слова:** Расчет и проектирование, большепролетные здания, сооружения, проект, рабочее проектирование, техническое задание, болтовое соединение.

## ***SPECIFICS OF CALCULATION AND DESIGN OF LONG-SPAN BUILDINGS AND STRUCTURES***

***Livada S.V.***

*graduate student*

*NRU MGSU*

*Russia, Moscow*

***Danilov A.I.***

*Ph.D., Associate Professor of the Department "Metal Structures"*

*NRU MGSU*

*Russia, Moscow*

### **Annotation**

The article presents the specifics of the calculation and design of large-span buildings and structures. The authors consider the features of pre-project preparation, preparation of technical specifications, stage "Project" and "Detailed design". According to the results of the study, it was concluded that the design and calculation of large-span buildings are subject to the highest requirements, which are prescribed in the regulatory documentation. For more accurate calculations and results it is necessary to use experimental studies using modern equipment and software.

**Keywords:** Calculation and design, large-span buildings, structures, project, detailed design, technical specifications, bolted connection.

При проектировании объектов повышенной опасности (мосты, аэропорты и т. п.) инженеры часто прибегают к большепролётным решениям. Существует чёткое определение, что такое большепролётное здание или сооружение. Таковыми принято считать те здания и сооружения, перекрытие которых производится большепролётными конструкциями. Имеются в виду несущие конструкции длиннее 36 метров (не имеющие на всём этом протяжении промежуточных опор). То есть, если говорить упрощённо, то большепролётные здания и сооружения – это, как вытекает из названия, здания и сооружения с большими пролётами, которые, являясь несущими, не имеют дополнительных опор.

Такие строения характеризуются повышенной технической сложностью (тем более что зачастую многие из них уникальны и проектируются «с нуля», так как не имеют себе аналогов), поэтому особое внимание должно здесь уделяться предельной точности технического задания. Техническое задание на возведение такого сложного объекта должно включать следующие обязательные блоки:

- научно-техническое обоснование строительства объекта повышенной сложности, выполненное в рамках трёхстадийного проектирования, данные всех экспертиз, концептуальный проект в нескольких вариациях, смета на проверку всего необходимого массива проектной и расчётной информации вторым составом инженеров-проектировщиков;

- согласование сметы на различные этапы крупномасштабного моделирования, включая испытание созданных моделей;

- геодезическое и инженерно-геологическое обоснование проекта;

- характеристика земельного участка, на котором будет возводиться большепролётный объект, и окружающего ландшафта, включая его архитектурную составляющую;

- результаты анализа предшествующего опыта строительства в этой местности;

- результаты анализа общих условий строительства в данной местности;

- расчёт коэффициента ответственности здания или сооружения;

- необходимые данные об инженерном оборудовании, конструкциях и материалах, которые планируется использовать при данном строительстве;

- результаты комплексного мониторинга ситуации;

- раздел «Паспорт объекта»;

- раздел «Требования к эксплуатации объекта»;

- техзадание на подготовку СТУ на всех этапах строительства;

– другая проектная информация.

Важно уделять серьёзное внимание подготовительному этапу проектирования, на котором нужно сформировать надлежащий пакет документов следующего направления:

- выбор площадки под строительство и отвод земельного участка;
- градостроительное задание;
- разрешение на подключение к коммуникациям.

На подготовительной стадии проектирования нужно провести все необходимые геодезические, геофизические и инженерно-геологические исследования земельного участка, на котором планируется возведение большепролётного строения. Может оказаться, что изучаемое место вообще не может использоваться для строительства такого объекта повышенной опасности ввиду неподходящих свойств несущих и подстилающих слоев грунта. Результатом проведения вышеописанных исследований должен стать также надлежащий геотехнический прогноз, позволяющий инженерам-проектировщикам делать дальнейшие выводы.

На подготовительном этапе проектирования также анализируется вся доступная информация о других большепролётных объектах, которые хотя бы фрагментарно можно считать аналогичными будущему проекту.

Один из самых важных вопросов проектирования объектов повышенной опасности, которыми можно считать большепролётные строения, это сопротивляемость нагрузкам. Даже если объект изначально не задумывался для повышенных нагрузок, нельзя гарантировать, что ему не придётся встретиться с такими воздействиями в процессе строительства или эксплуатации, поэтому надо закладывать надлежащий запас прочности, рассматривая всё строение комплексно, с учётом особенностей перевозки и монтажа отдельных конструкций, а также их изготовления. Важно просчитать, в каком порядке производить монтаж, чтобы не допускать

избыточных нагрузок на несущие конструкции. Для наиболее точной проработки результатов можно применять компьютерное моделирование.

Переходя с подготовительного этапа непосредственно к рабочему проектированию, важно начинать с упрощённой модели, постепенно усложняя её варианты для нахождения оптимального. На этом этапе также уместно компьютерное моделирование, собирающее в одну систему данных самые разные параметры (включая ландшафтные особенности местности, ветровую нагрузку и т. п.), способное использовать как статические, так и динамические расчёты, и позволяющее значительно сократить время рабочего проектирования, а также сделать этот процесс менее трудоёмким. Лучше при этом использовать не один, а несколько программных комплексов, чтобы минимизировать возможность ошибки.

В проект большепролётного объекта обязательно должны быть внесены все необходимые противоаварийные меры, включая защиту от прогрессирующего обрушения, оттяжки или демпферы, а также надлежащие пути эвакуации.

Технологии в строительстве постоянно совершенствуются и усложняются, поэтому является распространённой ситуация, когда проект приведён в соответствие с действующим законодательством, но оно не учитывает всех нюансов конкретного проекта. В этих случаях разрабатываются СТУ (специальные технические условия) для каждой стадии строительства: свои СТУ для проектирования, свои непосредственно для строительства, и свои для стадии эксплуатационного обслуживания. Обычно в СТУ содержатся более строгие требования, призванные максимально повысить безопасность большепролётного объекта. При разработке СТУ нужно сверяться с техзаданием, в котором, в свою очередь, должны быть приведены аргументы в пользу необходимости СТУ, исходя из соображений пожарной и технической безопасности.

В СТУ обязательно должны быть прописаны следующие положения:

- аргументы в пользу необходимости СТУ;
- список параметров будущего объекта, не соответствующих нормам, и необходимые предложения по устранению выявленных недостатков;
- общая характеристика будущего здания или сооружения с подробной проработкой конструктивных и объёмно-планировочных деталей;
- другие необходимые сведения.

При разработке СТУ можно брать за основу зарубежные источники соответствующего типа, если речь в них идёт об аналогичном объекте (хотя бы в отдельных его фрагментах). Но при использовании такого метода, важно проверить конечный результат на соответствие российским нормативно-правовым актам в данной сфере.

Важно также учитывать возможные ЧС и их гипотетическое воздействие на большепролётный объект. На безопасность строительства и эксплуатации могут повлиять как ЧС природного происхождения, так и техногенные катастрофы различных масштабов. Возможность возникновения ЧС любого генеза важно предусматривать ещё на стадии проектирования и закладывать в проект соответствующие меры. Эффективным инструментом таких исследований является метод эксперимента, при котором используются физические модели будущих зданий и сооружений.

Данный метод преследует следующие цели:

- изучение усилий, возможных деформаций и перемещений в элементах модели покрытия, экспериментальный расчет конструкций;
- анализ воздействия некоторых особенностей на функционирование конструкции;
- выявление предельного состояния объекта и вычислительный эксперимент, призванный оценить запас его несущей способности.

Основываясь на данном комплексе задач, выстраивают схему будущего экспериментального исследования, создают физическую модель, максимально приближенную к реальности настолько, насколько это соответствует целям эксперимента, а потом переходят к самому процессу. Механическое моделирование является эффективным методом при работе с объектами, геометрически и физически приближенными к реальности в области напряженно-деформированного состояния созданной модели и будущего здания или сооружения.

Если модель сделана из тех же материалов, что и будущий большепролётный объект, возможно также проведение исследования физико-механических характеристик.

Необходимо анализировать все отклонения при обработке экспериментальных данных, а также уточнять масштабные множители, критерии и индикаторы подобия, с поправкой на степень приближенного моделирования. Для минимизации возникновения ошибок все экспериментальные процедуры необходимо несколько раз дублировать, при этом не изменяя никаких деталей эксперимента. Вычислительные средства на этом этапе допускается применять при анализе результатов исследования, а все экспериментальные процессы необходимо проводить на физических моделях, которые нужно в конце довести до разрушения, чтобы установить предел прочности будущего объекта и его возможные слабые места. По итогам исследований соответствующие программы переносят данные на реальный объект и наглядно представляют результаты в виде таблиц и других эффективных средств отображения. После прохождения всех описанных этапов проводится экспертиза проекта.

#### **Библиографический список:**

1. Проект СНиП 53-100-2010 Стальные конструкции. Нормы проектирования.

2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменением N 1).

3. Горев В.В. и др. Металлические конструкции / Элементы стальных конструкций. - Т.1. - М.: Высш. школа, 1997. - 336 с.

4. Лихтарников Я.М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций. - М.: Стройиздат, 1979. - 320 С.

5. Кользеев А.А., Шафрай К.А. Основы металлических конструкций: Учеб. Пособие. - Новосибирск: НГАСУ, 2001. - 80 с.

*Оригинальность 94%*