**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ОБЛЕГЧЁННЫХ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**DESIGN AND CALCULATION OF FIXED FRAME STRUCTURES**

## *Во Суан Хоанг, магистр кафедры «строительные конструкции», Владимирский государственный университет*

## *Научный руководитель: Смирнов Е.А (д.т.н., профессор)*

**Аннотация**

В данной статье ставится рассмотрено проектирования облегчённых рамных конструкций. Изложены вопросы статического расчёта конструкция, все этапы расчёта, рекомендация использования программы для расчёта конструкция. Для уменьши массы рамных конструкций можно рекомендовать искусственное повышение изгибной жёсткости сечений за счёт увеличения их высоты в местах действия изгибающих моментов с максимальными градиентами

**Abstract**

In this article, we consider the design of lightweight frame structures. The questions of static calculation of the design, all the stages of calculation, and the recommendation of using the program for calculating the design are described. To reduce the mass of frame structures, it is possible to recommend an artificial increase in the bending stiffness of the sections due to an increase in their height in the places of action of bending moments with maximum gradients

***Ключевые слова:*** *рамная конструкция, облегчённый, статический расчёт,*

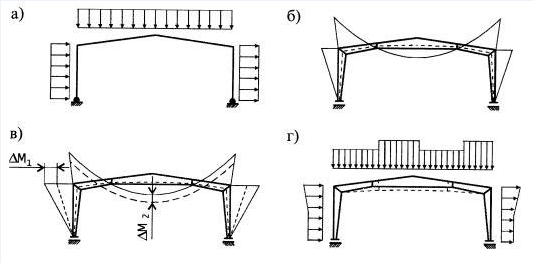
***Keywords:*** *frame construction, lightweight, static calculation,*

Одним из основных этапов проектирования каркасов облегчённых каркасных конструкций является этап статических расчётов конструкции для воздействия внешних нагрузок. Учитывая, что при проектировании каркасных конструкций они стремятся максимально полно использовать несущую способность секций, статический процесс расчёта является итеративным и связан с повторным повторением цикла. <Выбор участка → статический расчёт → проверка раздела и элементов вообще>. В дополнение к задачам статического расчёта на данном этапе также решаются другие задачи, связанные с поиском эффективной геометрии кадра, оптимальным распределением жёсткости, оптимизацией поперечных сечений, технологичностью изготовления и т. Д.

При расчёте конструкций рамок в основном используются различные универсальные программы, основанные на методе конечных элементов. Недостатком таких программ является то, что при определении характеристик каждого элемента переменной секции его необходимо разделить на 4-10 секций постоянной жёсткости. Количество секций зависит от требуемой точности вычисления. Учитывая, что при расчёте каждого кадра необходимо выполнить несколько итераций, этот подход очень трудоёмкий и требует много времени. Более эффективным является использование специализированных программных пакетов, которые обеспечивают графическое представление в реальном времени контура кадра (вдоль высоты стены) и пар его секций (толщина полок и стен, ширина полки). Примером такого комплекса является программа MAC, UNICON, LIRA-CAD, SCAD, которая позволяет не только устанавливать необходимые разделы кадра, но и лёгко корректировать их во время процесса проектирования. В общем случае процесс статического расчёта каркасных структур переменного поперечного сечения можно разделить на несколько рабочих этапов:

**Этап 1**. Определите размер рамки в соответствии с технологической задачей. Сбор нагрузок, действующих на раму, в соответствии с действующими стандартами проектирования конструкций.

**Этап 2**. Расчёт рамы для основных нагрузок как для постоянной конструкции жёсткости. Если есть аналоги, можно указать контур кадра. Количество комбинаций нагрузок должно быть достаточным для определения огибающих внутренних сил (изгибающих моментов, продольных и поперечных сил) (рис.1, а).



*Рис. 1. Этапы статического расчета и подбора сечений рам переменного сечения*

**Этап 3**. По данным расчёту, полученному на этапе 2, на схеме рамы строится эпюра огибающих моментов. Исходя из схемы эпюры момента, создается предварительное очертание рамы и определяются участки с переменными и постоянными элементами (рис.1b). Рамка разделена на отдельные элементы с учётом их сопряжения, технологии производства, установки и транспортировки.

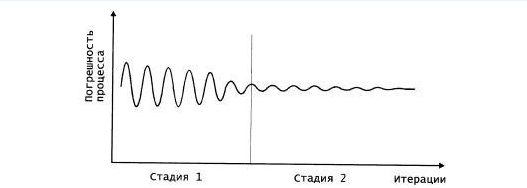
**Этап 4**. На основе данных, полученных на этапе 3, выбираются поперечные сечения отдельных рамы элементов. В то же время необходимо соблюдать условия сопряжения отдельных элементов между собой по высоте стены, условиям прочности и устойчивости, а также требованиям технологии изготовления и монтажа конструкций. Чтобы учесть перераспределение изгибающих моментов, рекомендуется увеличить расчётные изгибающие моменты на 10-15% в местах действия моментов с большими градиентами (зоны сцепления колонок и болта рамы) и уменьшить их на 5-10% в кадрах (рис.

**Этап 5**. Статический расчёт рамы с сечениями, выбранными на этапе 4, для нагрузок, которые включают в себя все комбинации нагрузок.

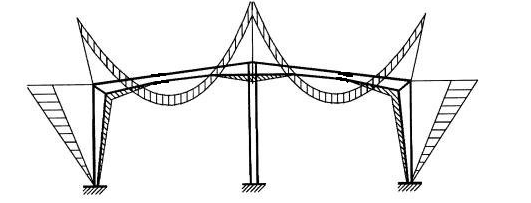
**Этап 6**. Проверка секций, элементов и рамок в целом на прочность, устойчивость и деформацию.

**Этап 7**. Коррекция поперечных сечений с учётом результатов расчёта, полученных на этапе 6 (рис.1d).

**Этап 8**. Повторный статический расчёт рамы и проверка поперечных сечений элементов и рамы в целом. Шаги 4 + 8 повторяются много раз, пока не будут получены удовлетворительные результаты. Как показывает опыт проектирования, для этого обычно достаточно 3-6 итераций, и процесс вычисления и выбора разделов имеет как бы два основных этапа: этап предварительных (поисковых) расчётов и этап окончательного (корректирующий) расчётов. Первый этап обычно длится 2-4 итерации, по которым имеются существенные расхождения между требуемыми и принятыми участками рамы. На втором этапе процесс в значительной степени стабилизируется, и введенные поправки поперечного сечения мало влияют на распределение сил в раме. Схематически этот процесс показан на рисунке 2.



*Рис. 2. Схематическое представление сходимости процесса подбора сечений рамных конструкций переменного сечения*

**

*Рис. 2. Искусственное перераспределение жесткостей и изгибающих моментов в рамах*

Чтобы уменьшить массу каркасных конструкций, можно рекомендовать искусственное увеличение изгибной жёсткости сечений из-за увеличения их высоты в местах действия изгибающих моментов с максимальными градиентами, например, на стыках крайняя и средняя стойки с болтом. Этот метод позволяет вам перераспределять изгибающие моменты и выгружать рамки и, таким образом, уменьшать их металлическую емкость и деформируёмость.

Расчёт каркасных конструкций для действия сейсмических нагрузок может быть выполнен на основе новейшей интеграции, поскольку сейсмика обычно мало влияет на силы в структурах рамы из-за относительно низкой жёсткости и низкого веса самих рамок и покрытий. Исключение составляют случаи совместных действий, наряду с сейсмиками, большого снега или технологических нагрузок.

### Список литературы

[1] СП 16.1330.2017 стальные конструкции. Нормы проектирования.

[2] Миханов К.К. Металлические конструкции. Изд. 3-е, исправленное и дополненное. М -: стройиздат, 1978. – 572с.

[3] Беляев Б. И. Обзор приемов оптимизация сечений стальных двутавровых балок. Экспресс – информация <монтажные и специальные строительные работы> Серия <изготовление металлических и монтаж строительных конструкций>. Выпи .4. -М.,1990 –С 15-26.

[4] Тимошенко С.П., Гудьер Д.ж. теория упругости. –М. Наука. 1979.-560 с.

[5] Руководство по проектированию стальных тонкостенных балок М.ЦНИИСК. 1977.-28с.

[6] Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП-23-81\*). ЦНИИСК им. В.В. Кучеренко. – М.: ЦИТП.1989. - 149с.

[7] Соболев Ю.В. О проектирование стальных составных рационального сечения. <известие Вузов. Строительство и архитектура>. 1985. –С. 18-24.

**(© Во. Суан. Хоанг, 2018)**