

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
ДЛЯ РАСЧЁТОВ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**STUDY OPPORTUNITIES MODERN SOFTWARE FOR  
THE CALCULATION OF THE SEISMIC ACTION**

*к.т.н. Сергеев М.С. (Владимирский Государственный Университет)*

*к.т.н. Лукин М.В. (Владимирский Государственный Университет)*

*маг. Кудрявцева А.А. (Владимирский Государственный Университет)*

*маг. Сидоров С.А. (Владимирский Государственный Университет)*

*Sergeev M.S. (Vladimir State University)*

*Lukin M.V. (Vladimir State University)*

*Kudryavceva A.A. (Vladimir State University)*

*Sidorov S.A. (Vladimir State University)*

**Аннотация**

В данной работе показаны особенности расчета рам переменной жесткости из сварных двутавровых профилей, сравнение расчета в обычных и особых условиях. Данная работа позволит обобщить и актуализировать имеющую информацию по расчетам несущих рам с учетом современных требований надежности и долговечности.

В строительстве часто возникает необходимость проектирования большепролетных промышленных зданий. В таких случаях применяют двухшарнирные и бесшарнирные рамы. Рамные конструкции эффективны при погонных жесткостях колонн, близких к погонным жесткостям ригелей, позволяя перераспределить усилия от вертикальных нагрузок и значительно облегчить ригели.

Сравнивая динамические и статические расчеты таких конструкций, можно прийти к выводу, что первые существенно сложнее по исходным данным и анализу полученных результатов. Расчет на сейсмические воздействия является частным видом динамических расчетов. В литературе они не так подробно описаны, вместе с этим часто встречаются в проектировании реальных объектов.

Воздействия, изменяющиеся во времени по величине и направлению и вызывающие в сооружении переменные во времени

напряжения, деформации, перемещения, называются динамическими. Динамические нагрузки, сообщают массам тела ускорения. Возникающие при этом инерционные силы, вызывают колебания здания. Разделяют силовые и кинематические динамические нагрузки. Первые прикладываются в виде сосредоточенных сил или моментов. Вторые, возникают при колебании кинематической связи системы, к таким нагрузкам относится сейсмическая. Она возникает в здании, при колебании основания под ним. Сейсмические нагрузки относятся к непериодическим нагрузкам (с разным периодом повторения) и обладают свойством повторного действия.

Для динамических расчетов реальное сооружение упрощают, полученная схема называется расчетной. Основным критерием в динамике, является степень свободы системы (число независимых координат, определяющих положение всех

Каждая система с  $n$  степенями свободы имеет  $n$  форм собственных колебаний и соответствующих им собственных частот. На рис. 5 представлены конструктивные схемы рам каркасов и расчетные схемы к ним для определения динамических характеристик (периодов и частот собственных колебаний).

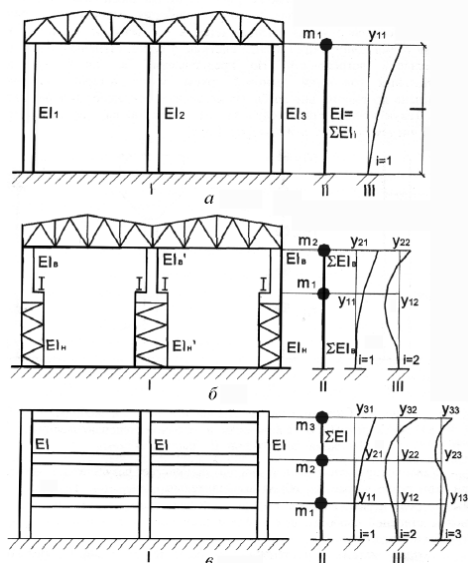


Рисунок 1. Схемы к динамическому расчету рам каркасов: а, б – одноэтажных промышленных зданий; в – многоэтажного здания; I –

конструктивная схема; II – динамическая модель; III – формы собственных колебаний

Благодаря расчетам ЭВМ, получается увеличить точность расчета, т.к. программы позволяют ввести сооружения с большим числом степеней свободы. Основными несущими конструкциями каркаса рассматриваемого примера являются однопролетные рамы из сварных двутавровых профилей. Для элементов рамных конструкций принята сталь С345. Для прочих элементов каркаса – сталь не ниже С245. Для гибких связей принята сталь С255. Марка стали выбрана в зависимости от типа здания и климатического района строительства.

Устойчивость и геометрическая неизменяемость здания обеспечивается:

- в поперечном направлении – конструкциями несущего каркаса;
- в продольном направлении – системой вертикальных связей и распорок.

Жесткость покрытия обеспечивается системой горизонтальных связей, распорок и прогонами покрытия, жесткость торцевых стен – системой распорок по стойкам фахверка. Прогоны кровли выполняются по разрезной схеме с шагом 1,5 м из гнутых швеллеров. Ригели стен выполняются по разрезной схеме из гнутых равнополочных швеллеров и гнутосварных замкнутых профилей. Горизонтальные и вертикальные связи – гибкие из круглой стали с предварительным натяжением 6,0 тс и из уголков без предварительного натяжения. Все заводские соединения – сварные. Применить полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа по ГОСТ8050-85 или в смеси углекислого газа с аргоном с использованием сварочной проволоки марки СВ-08Г2С по ГОСТ 2246-70. Монтажные соединения на обычных и высокопрочных болтах. Для рам предусмотрен строительный подъем конька величиной 1/250 пролета рамы.

Расчет конструкций произведен в программных комплексах Лира и Robot. Объект строительства находится на площадке с сейсмичностью 9 баллов, поэтому были соблюдены следующие требования:

- учтена дополнительная нагрузка на фундамент;
- расстановка дополнительных связевых блоков;
- во фланцевых соединениях рам установлены дополнительные ребра жесткости в растянутой зоне;
- в опорных узлах стоек рам (в связевых и рядовых блоках) и фахверка (в связевых блоках) установлены противосдвиговые элементы;

- обеспечены условия, при которых стеновые заполнения не препятствуют деформациям каркаса.

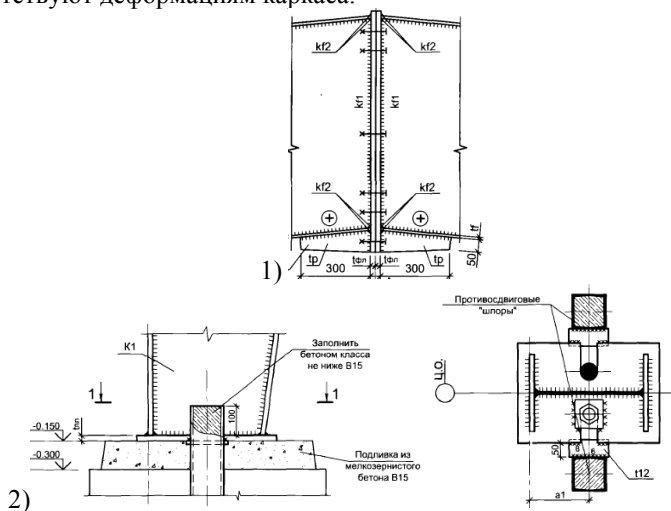


Рисунок 2. Конструктивные мероприятия при сейсмике 9 баллов. дополнительные ребра во фланцевых соединениях; противосдвиговые элементы в опорных узлах

Основные односторонние ребра жесткости устанавливаются на элементе ригеля под прогонами покрытия на расстоянии не менее 3 м друг от друг, начиная с карнизного узла. В области фланцев на расстоянии 1 – 3.5 м от фланца. Основные вертикальные двусторонние ребра жесткости устанавливаются на элементах ригелей в узле опирания ригелей на средние стойки. Основное вертикальное ребро жесткости устанавливается на элементе ригеля в коньке. Односторонние ребра жесткости на крайних и средних стойках рам устанавливаются на расстоянии 1,8 м от отметки +7.200.

Изготовление и монтаж конструкций следует производить в соответствии с требованиями существующих документов: ГОСТ 23118-2012 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия», СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». В сейсмических районах класс прочности болтов 8.8. Применение автоматной стали для болтов не допускается. Гайки постоянных болтов после выверки конструкции закрепляются контргайками. Связевые блоки состоят из распорок и гибких связей, которые устанавливаются по крайним и средним стойкам и ригелям рам.

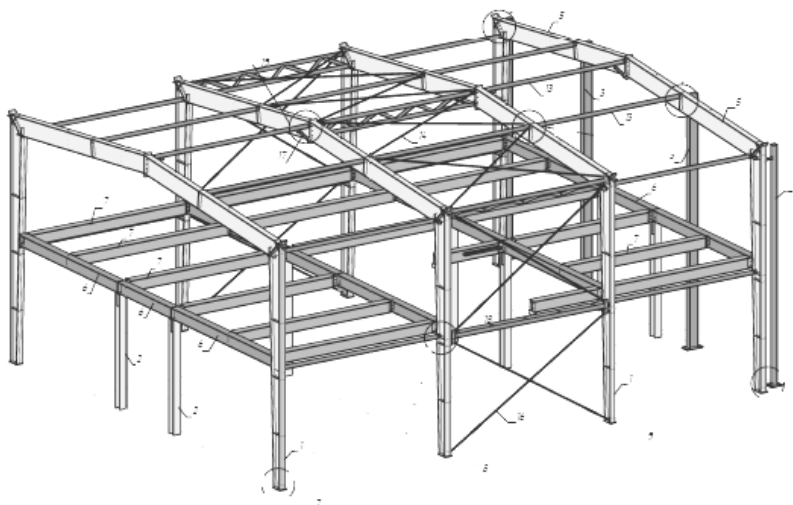


Рисунок 3. Связевой блок

В основе решения инженерной задачи в программных комплексах лежит метод конечных элементов. Количество степеней свободы равно 6, так как расчетная схема представлена пространственным каркасом. Сравнение расчетов несущих рам каркаса в программных комплексах, следует производить поэтапно в соответствии с ходом моделирования и решения задачи.

- Создание расчетной схемы, отражающей реальную пространственную работу каркаса. Одним из важных критериев программного комплекса является удобство использования его интерфейса.
- Моделирование жесткостей элементов системы.
- Основной разницей в моделирование жесткостей элементов системы в этапе их назначения. В ПК Robot Structural тип жесткости назначается при построение расчетной схемы, в ПК Лира – после.

- Сбор и моделирование статических и динамических воздействий.
- Формирование статических нагрузок в программных комплексах схожи. При формировании сейсмических нагрузок ПК Лира учитывает их только в одном направлении, что противоречит реальной работе системы. Создание комбинации расчетных усилий производится по нормативным документам.
- Анализ результатов расчета.
- Конструирование элементов системы.

Конструирование элементов системы производится с учетом нормативных документов РФ. Обе программы благодаря встроенных модулей, подбирают сечения стальных элементов и необходимую площадь арматуры в железобетонных элементах.

ПК Лира и ПК Robot Structural позволяют оптимизировать результаты и выбрать наиболее выгодный вариант конструктивных элементов. Проанализировав динамические и статические расчеты, можно прийти к выводу, что первые существенно сложнее по исходным данным и анализу полученных результатов. Полученные экспериментальные данные, как правило, не оценивают в полной мере сейсмичность строительной площадки ориентируясь на усредненные нормативные показатели для обширной территории. Это приводит к торможению процесса научных исследований, связанных с сейсмотехникой.

#### *Список литературы:*

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М.: 2011. – 81 с.
2. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах.– М.: 2014. – 84 с.
3. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. – М.: 2011. – 173 с.
4. Ганиев Р.Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность и бесшумность. – М.: 2013. – 592с.
5. СП 63.13330.2012. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». - М.: 2012. – 76 с.