

УДК 624.012.45

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЗДАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ НА ВЕТРОВУЮ НАГРУЗКУ

М.С. Горина, студентка группы СК-101, V курс

Ю.А. Раминская, студентка группы СК-101, V курс

Научный руководитель: А.Г. Новиньков, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

За последние десятилетия в строительстве жилых, общественных и административных зданий во всех технически развитых странах отчетливо появилась тенденция к росту этажности. Это вызвано с одной стороны, бурным ростом населения городов, с другой – ограниченностью их территории и стремлением сократить протяженность городских коммуникаций.

Интенсивность воздействия ветра на здание повышенной этажности определяется как особенностями профиля ветрового потока и характером его взаимодействия с обдуваемым зданием, так и реакцией самого здания на действие ветрового давления. Настоящая работа посвящена исследованию реакции здания повышенной этажности на действие ветрового давления. Тема исследования связана с вводимым в действие летом этого года в качестве нормативного документа обязательного применения Сводом Правил [1]. Особенностью данного нормативного документа является обязательный учет пульсационной составляющей ветрового давления w_p . Наличие пульсационной составляющей связано с формированием ветровых вихрей, обусловленных шероховатостью земной поверхности. Под термином «шероховатость» в данном случае подразумевается совокупность препятствий природного и искусственного происхождения, способствующих торможению ветрового потока вблизи земной поверхности. Торможение потока и обуславливает появление разнообразных вихрей, вызывающих пульсацию ветрового давления. Разный размер вихрей связан с разной частотой пульсаций. Мелкоразмерные вихри являются причиной высокочастотной пульсации, большие вихри – низкочастотной. Совокупность вихрей характеризуется спектром пульсаций ветрового давления. В данном спектре имеется частотный диапазон с наиболее высокими амплитудами пульсаций ветрового давления. Если этот частотный диапазон перекрывается с нижними, главными, частотами проектируемого здания, то реакция здания будет динамической, здание будет совершать колебания под действием пульсаций, а в расчете придется учитывать силы инерции. Если же спектр собственных частот лежит выше наиболее энергонасыщенной части спектра пульсаций ветрового давления, то реакция здания будет квазистатической, а пульсационная компонента будет просто суммироваться со

средним значением ветровой нагрузки w_m . Верхний порог наиболее энергонасыщенной части спектра ветровых пульсаций f_l , определяется табл.11.5 [1].

Т.к. способ учета пульсаций ветрового давления (статическая или динамическая форма учета) зависит от спектра собственных частот здания, то на первом этапе выполняется модальный анализ конструкции, определяются собственные частоты и собственные формы колебаний. Следует отметить, что при большом шаге несущих стен в сочетании с незначительной толщиной перекрытий, в диапазон спектра собственных частот здания ниже f_l попадают и частоты, соответствующие вертикальным колебаниям перекрытий. В этом случае формально существенно увеличивается количество удерживаемых в расчете форм колебаний, как это требует [1]. Однако работа сил ветрового давления на этих перемещениях близка к нулю, влияние этих колебаний на общую реакцию здания ничтожно. По этой причине в необходимых случаях можно исключить такие формы колебаний перекрытий из расчета, например, приложив массы от собственного веса и веса полезной распределенной нагрузки исключительно в местах пересечения стен и перекрытий. Сами перекрытия при этом будут безмассовыми. При таком подходе нагрузка от собственного веса может быть приложена дважды, в двух загрузках. В одном загрузке собственный вес представляется в традиционном виде, в форме распределенной по площади нагрузки, а в другом, альтернативном, загрузке собственный вес перекрытий, собранный с соответствующих грузовых площадей, прикладывается только по линии пересечения стен и перекрытий (сами перекрытия остаются незагруженными). Оба загрузения объявляются взаимоисключающими. Матрица масс для динамического анализа формируется только по второму загрузению. При таком подходе армирование плит перекрытий производится по расчетному сочетанию усилий, включающему первое загрузение, а армирование стен и пилонов, работающих на ветровую пульсацию, производится с учетом второго загрузения. Аналогично дважды может задаваться нагрузка от полезной нагрузки.

Другой вопрос, требующий рассмотрения, связан с заданием жесткостей элементов здания. С одной стороны, [3] при расчете на сейсмические воздействия предлагает использовать начальный модуль деформаций бетона. С другой стороны, [4] требует при расчете монолитных зданий и сооружений уменьшать модули деформаций для стен на 40%, а для перекрытий на 70% из-за нелинейной работы бетона и трещинообразования в нем. Мы считаем, что в расчетах на ветровую пульсацию надо использовать пониженные модули деформаций, например, по [4]. При этом мы исходим из того, что колебания при ветровых пульсациях осуществляются относительно деформированного состояния, вызванного действием вертикальных нагрузок и среднего давления ветра w_m . Т.е. такое деформированное состояние уже предполагает снижение начального модуля деформаций.

В рамках разработки дипломного проекта был выполнен расчет монолитного 24-х этажного жилого здания, проектируемого для строительства в г. Кемерово. Для расчета использован метод конечных элементов. Общий вид

расчетной модели и собственные формы колебаний, учитываемые в расчете на ветровую пульсацию, приведены на рисунке. Модель построена и проанализирована в среде программного комплекса «Ли́ра-САПР» (образовательная лицензия).

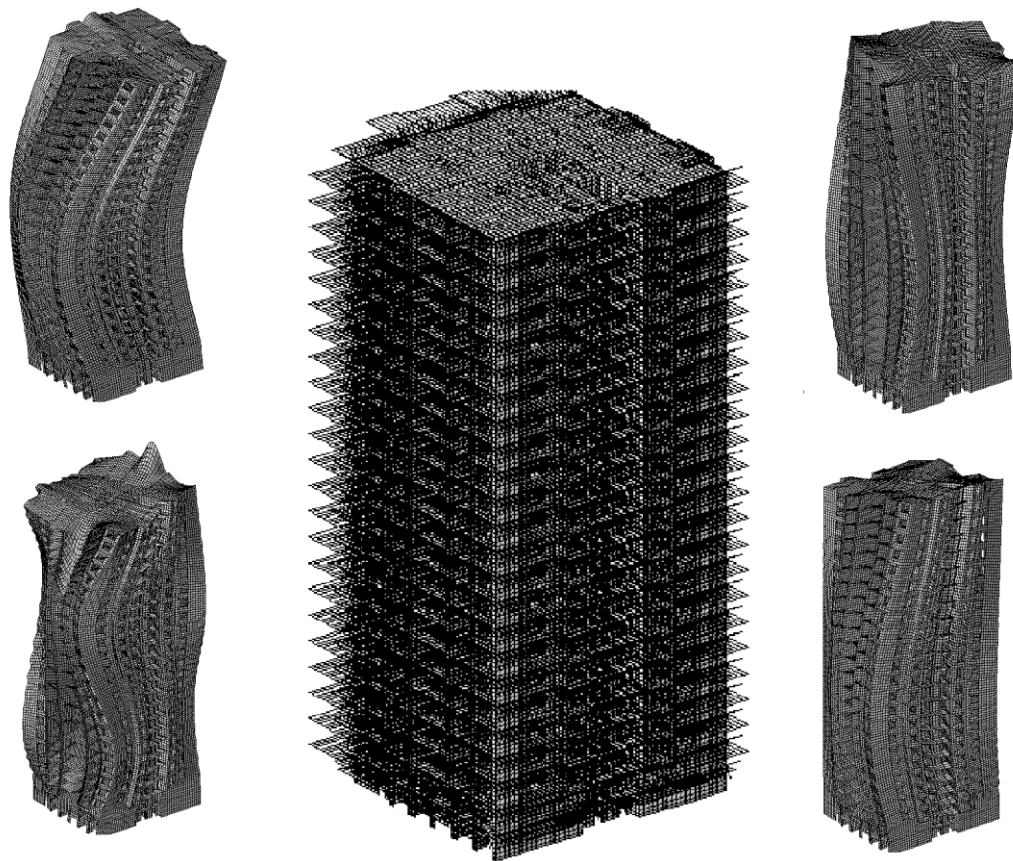


Рисунок. Общий вид расчетной модели и формы собственных колебаний, учитываемые в расчете на ветровую пульсацию

Железобетонное здание имеет следующие размеры: длина 27,9 м, ширина 24,45 м и высота 74,22 м. На стадии тестирования расчетной модели учтены постоянные, длительные и кратковременные нагрузки, включая среднюю и пульсационную составляющие ветровой нагрузки по оси Y .

Ветровая нагрузка приложена в виде сосредоточенных сил на уровнях плит перекрытий.

Для расчета на ветровую пульсацию учтены все собственные формы, соответствующие собственным частотам, лежащим ниже f_1 . Всего учтено от одной до трех собственных форм, в зависимости от жесткости здания в направлении ветра. Учтенные частоты лежали в диапазоне от 0,6 до 1,2 Гц.

Максимальные горизонтальные перемещения по оси Y на отметках верхних перекрытий от действия средней составляющей ветровой нагрузки составили 29 мм. Полные максимальные горизонтальные перемещения по оси Y на отметках верхних перекрытий с учетом ветровой пульсации составили 39

мм. Таким образом, вклад ветровой пульсации в напряженно-деформированное состояние здания от действия ветра составил 26%.

Список литературы

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Минрегион России, 2011.
2. Гордеев В.Н. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007.
3. Пособие по проектированию каркасных промзданий для строительства в сейсмических районах (к СНиП II-7-81*). – М.: Стройиздат, 1985. – 292 с.
4. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007. – 17 с.