

Комплексная оценка деформативности дощатоклееного каркаса одноэтажного однопролетного здания

Н.В. Линьков, А.А. Клюкин, М.Д. Шернина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: В статье предоставлены результаты комплексной оценки деформативности каркасного одноэтажного однопролетного здания, несущие конструкции которого выполнены из клееной древесины. К элементам каркаса приложены постоянные и кратковременные нагрузки, выделена доля длительности, уточнено нормативное значение, получены величины вертикальных перемещений узлов конструкции. Выполнена оценка максимальных прогибов элементов схемы от нормативных значений нагрузок с предельно-допустимыми значениями.

Ключевые слова: одноэтажное однопролетное здание, постоянные нагрузки, кратковременные нагрузки, нормативные значения нагрузок, дощатоклееный пакет, распорная система, граничные условия, модуль упругости, жесткость, напряжение, перемещение, САПР.

Введение

Распорные конструкции – арки, рамные конструкции и распорные конструкции треугольного очертания являются идеальным решением ригеля рамы одноэтажного однопролетного здания за счет таких свойств древесины как малый объемный вес, стойкость к воздействию химически-агрессивной среды, высокая прочность [1-3], особенно вдоль волокон. С использованием распорных конструкций возможно перекрытие пролетов от 12 до 30 метров. Для прямолинейных конструкций предусмотрено явление уменьшения величины изгибающего момента в середине элемента верхнего пояса [4]. Традиционные методики расчета деревянных конструкций предлагают изолированный статический и конструктивный расчет элементов распорной конструкции – верхних поясов, затяжки, подвесок [5, 6]. Использование САПР позволяет построить пространственную модель каркаса с применением распорных конструкций, комплексно оценить несущую способность и деформативность [7, 8] всех элементов сооружения, включая

распорные конструкции, колонны, элементы вертикальных и горизонтальных связей.

Цель работы – на основе пространственной модели дощатоклееного каркаса одноэтажного однопролетного здания выполнить комплексную оценку деформативности элементов схемы сооружения от нормативных значений нагрузок, с установлением допустимости каркаса к нормальной эксплуатации по второй группе предельных состояний.

Общие данные расчетной модели

За основу принята модель одноэтажного однопролетного здания, плоская рама которого представлена ригелем в виде распорной системы треугольного очертания и колонн стоек. Распорная система треугольного очертания выполнена в виде системы дощатоклееных верхних поясов, шарнирно соединенных в коньковом узле, стальных затяжки и подвесок. Распорная система шарнирно опирается на стойки. Колонны здания дощатоклееные, жестко заземленные на фундаментах. Пространственная устойчивость каркаса обеспечена системой вертикальных и горизонтальных связей треугольного очертания и распорок. Связевые блоки установлены по торцам сооружения, а также в центральной ячейке здания. Основные конструктивные параметры сооружения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общие характеристики сооружения

Параметр	Обозначение	Значение	Ед.изм.
1	2	3	4
Длина здания	L_{bld}	36	м
Ширина здания	B_{bld}	24	м
Высота стоек	H_{clmn}	9	м
Высота рам в коньковом узле	H_{clmn}	13,5	м
Шаг рам	B_{frame}	4	м

В расчетной схеме деревянные и стальные элементы каркаса замоделированы 10 типом конечного элемента – универсальный пространственный конечный элемент [9, 10]. Поперечное сечение верхнего пояса распорной системы назначено размерами $b \times h = 140 \times 936$ мм. Размеры колонн составляют $b \times h = 400 \times 400$ мм. Затяжка - круглая сталь диаметром 20 мм, подвески – круглая сталь диаметром 10 мм. Поперечное сечение элементов связей составляет $b \times h = 100 \times 100$ мм. В качестве жесткостных характеристик для деревянных элементов задан модуль упругости $E = 10000$ МПа, объемный вес принят 500 кг/м^3 . Общий вид расчетной схемы с цветовой индикацией назначенных жесткостей, шарниров и связей представлен на рисунке 1.

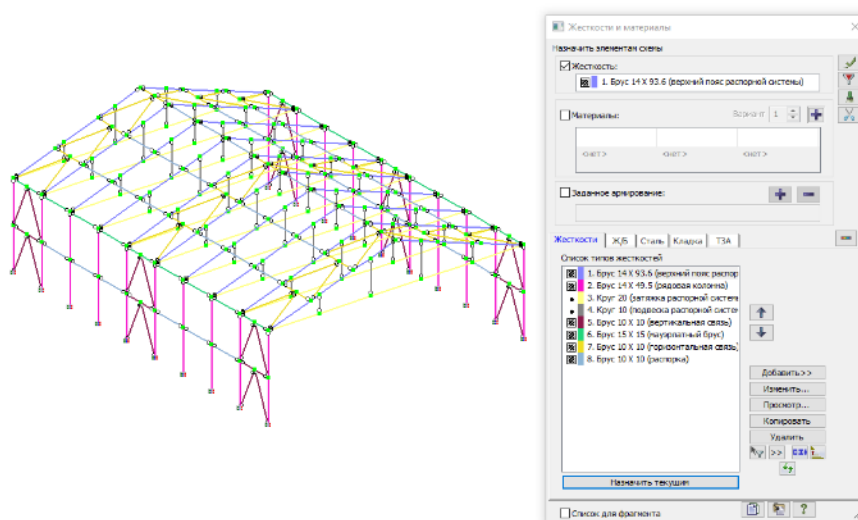


Рис.1. Общий вид расчетной схемы с цветовой индикацией назначенных жесткостей, шарниров и связей

Всего было сформировано 6 загрузений: 4 постоянных от собственного веса металлических и деревянных конструкций, от веса ограждающей части кровли и ограждающих конструкций, 1 кратковременное снеговое и 1 мгновенное ветровое нагружение. Общий вид таблицы загрузений показан на рисунке 2.

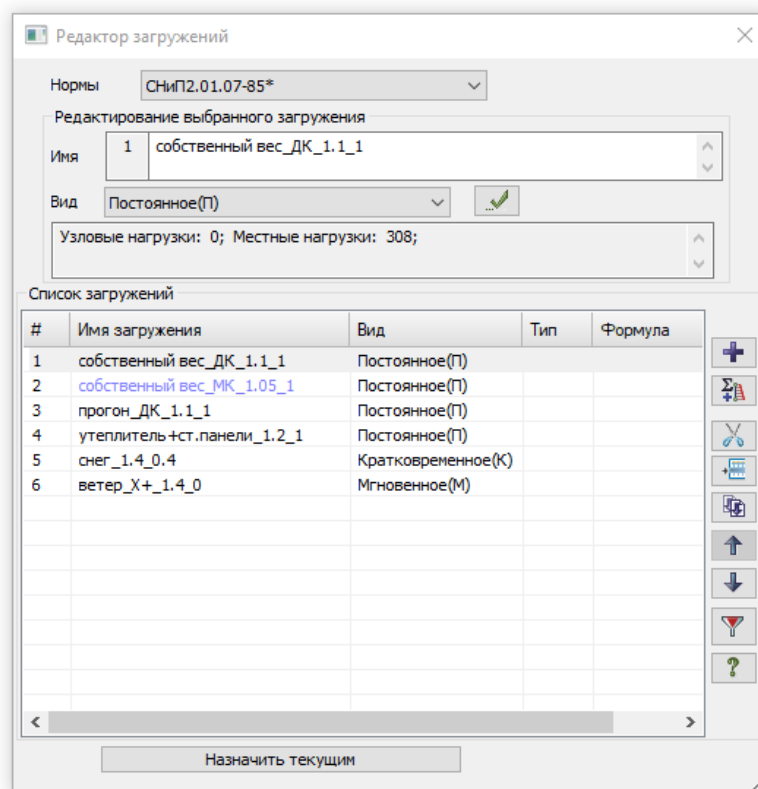


Рис.2. Общий вид списка загружений

Для оценки перемещений узлов каркаса было сформировано пользовательское сочетание через расчетное сочетание нагрузок РСН. Поскольку в расчетной схеме заданы расчетные значения нагрузок в пользовательском сочетании значения коэффициентов включения нагрузок лежат в диапазоне 0,286-0,952. Общий вид расчетных сочетаний нагрузок представлен на рисунке 3.

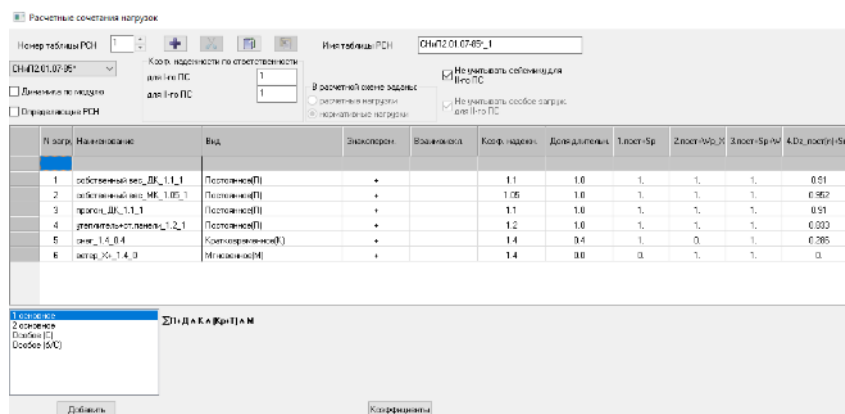


Рис. 3. РСН для оценки перемещений

Результаты

По результатам расчета получены значения усилий, возникающих в элементах каркаса, а также величины максимальных вертикальных перемещений узлов несущего каркаса от совместного действия постоянных и кратковременной снеговой нагрузок. Верхний пояс испытывает сжатие с изгибом, при этом величина максимального изгибающего момента составляет 181,875 кН*м, величина сжимающей силы составляет 173,935 кН. Затяжка работает на растяжение, при этом величина растягивающего усилия составляет 158,437 кН. Получена деформированная схема элементов каркаса. Мозаика вертикальных перемещений узлов каркаса от нормативных значений постоянных и временных нагрузок представлена на рисунке 4.

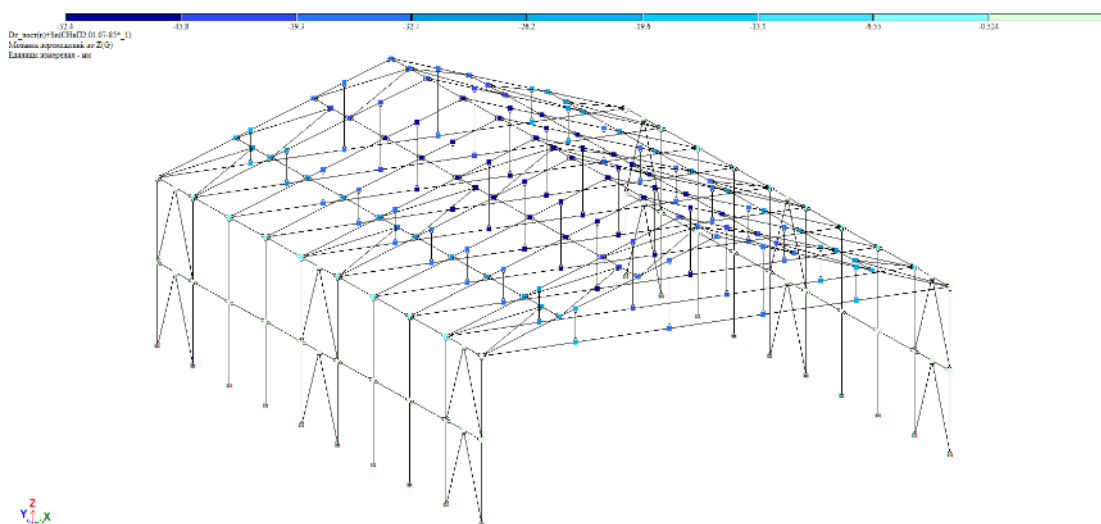


Рис. 4. Мозаика вертикальных перемещений

Максимальное по величине перемещение возникает в узлах верхнего пояса распорной системы треугольного очертания. Величина перемещения составляет $f_z=52,4$ мм. Предельно-допустимую величину перемещений определяем из условия $f_{ULT}=1/250*L^{расп}_{сист}=96$ мм. Сравнение полученных результатов прогибов и перемещений с допустимым нормами значением, а также вычисление коэффициента использования жесткости системы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета деформаций

Параметр	Условное обозначение	Значение	Ед.изм.
1	2	3	4
Расчетная вертикальная деформация	f_z	52,4	мм
Предельно-допустимая величина перемещений	f_{ULT}	96	мм
Коэффициент использования жесткости	f_z / f_{ULT}	0,546	-

Анализ результатов расчета показывает, что:

1. Величина вертикальных перемещений узлов верхнего пояса распорной системы треугольного очертания составляет 52,4 мм.
2. Величина предельно-допустимых вертикальных перемещений составляет 96 мм.
3. Разница между расчетным и предельным значениями перемещений f_z / f_{ULT} составляет 0,546.
4. Величина расчетного перемещения не превышает установленных нормами предельных значений.

Выводы

1. Выполнен расчет одноэтажного однопролетного здания, несущий каркас которого состоит из металлодеревянных распорных систем треугольного очертания и дощатоклееных колонн.

2. Выполнена оценка деформативности деревянных конструкций каркаса здания от совместного действия нормативных значений постоянных и кратковременной снеговой нагрузок.
3. По результатам расчета максимальное вертикальное перемещение составляет $f_z=52,4$ мм. Определена величина предельно-допустимого значения вертикальных перемещений $f_{ULT}=96$ мм. Максимальное расчетное вертикальное перемещение не превышает предельно-допустимого значения.
4. Коэффициент использования жесткости по 2-й группе предельных состояний от нормативных значений нагрузок для узлов каркаса составляет 0,546.
5. Расчет показал, что для установления фактической пригодности к нормальной эксплуатации каркасных сооружений с применением деревянных конструкций, следует выполнять проверку на нормативные значения нагрузок, действующих на сооружение.
6. Расчетом установлено, что пространственная модель позволяет с высокой точностью получить коэффициенты использования жесткости всех основных несущих элементов каркаса – распорных конструкций, колонн, распорок, систем связей по покрытию.
7. Применение указанной методики расчета позволяет прогнозировать нормальную эксплуатацию в течении всего срока службы элементов деревянных конструкций.

Литература

1. Гапоев М.М. Оценка несущей способности соединений деревянных конструкций методами механики разрушения. Москва. Издательство МГСУ. 1994. 67 с.

2. Гапоев М.М. Исследование энергетических процессов в окрестности трещин нормального отрыва при разрушении древесины. Москва. Заводская лаборатория. 1995. №3. С. 25-28.
 3. Рощина С.И. Прочность и деформативность клеёных армированных деревянных конструкций при длительном действии нагрузки. Москва. 2009. 38 с.
 4. Клюкин А.А. Опыт исследований зарубежных инженеров по усилению деревянных конструкций композиционными материалами. Инженерный вестник Дона, 2022, №2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_79__5_Kliukin.pdf_6d3900f221.pdf.
 5. Потапова Т.В. К вопросу об усилении эксплуатируемых деревянных конструкций композитными материалами. Инженерный вестник Дона, 2022, №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37__3_potapova.pdf_daef6958c4.pdf.
 6. Линьков В.И. Напряженное состояние наклонных металлических стержней в деревянных элементах составного сечения. Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_125_Linkov.pdf_c01b22c851.pdf.
 7. Арленинов Д.К. Арленинов П.Д. Переменный модуль упругости древесины. Вестник МГСУ. 2011. С. 150-152.
 8. Арленинов Д.К., Беккер Д.А. Влияние уровня напряжений на ползучесть древесины при изгибе. Известия вузов. Лесной журнал. 2015. № 6. С. 128–137.
 9. Тухфатуллин Б.А., Путеева Л.Е., Подшивалов И.И. Расчёт деревянной рамы с использованием конечного элемента смешанного метода. Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Пенза. РИО ПГАУ. 2018. С. 109–113.
-

10. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами. Наука. Техника. Технологии. 2020. №2. С. 329-333.

References

1. Гароев М.М. Ocenka nesushchej sposobnosti soedinenij derevyannykh konstrukcij metodami mekhaniki razrusheniya. [Evaluation of the bearing capacity of joints of wooden structures by methods of fracture mechanics]. 1994. 76 p.
2. Гароев М.М. Zavodskaya laboratoriya. 1995, №3. pp. 25-28.
3. Roshhina S.I. Prochnost' i deformativnost' kleyonykh armirovannykh derevyannykh konstrukcij pri dlitel'nom dejstvii nagruzki. [Strength and deformability of glued reinforced wooden structures under prolonged load]. 2009. 38 p.
4. Klukin A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_79__5_Kliukin.pdf_6d3900f221.pdf.
5. Potapova T.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37__3_potapova.pdf_daef6958c4.pdf.
6. Linkov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_125_Linkov.pdf_c01b22c851.pdf.
7. Arleninov D.K., Arleninov P.D. Vestnik MGSU. 2011. pp. 150-152.
8. Arleninov D.K., Bekker D.A. Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. 2015. № 6. pp. 128–137.
9. Tuhfatullin B.A., Puteeva L.E., Podshivalov I.I. Informatsionno-vychislitel'nyye tekhnologii i ikh prilozheniya. 2018. pp. 109–113.
10. Leonova A.N., Akritov H.E. Nauka. Tekhnika. Tekhnologii. 2020. №2. pp. 329-333.

Дата поступления: 13.04.2024

Дата публикации: 28.05.2024

