

П.Г. Романов, СВФУ, Якутск.

«Волновая составляющая нормальных напряжений при численном моделировании сжатия деревянных образцов».

Изменение напряжения в твердом теле как результат изменения существующей внешней силовой среды обычно рассматривается без принятия во внимание продолжительности перехода из одного состояния в другое. При этом, изменение существовавшей внешней силовой среды может быть как положительной, так и отрицательной, либо нулевой. Изменение может быть вызвано нагружением, или разгрузкой. Продолжительность и описание процесса изменения обычно не являются целью и задачей статических расчетов строительных конструкций.

Исследователи настоящего времени не имеют возможности непрерывно видеть картину процесса восприятия твердым телом внешней нагрузки в виде динамично развивающегося процесса, то есть картину деформирования во всём физическом объёме.

Гипотеза исследований основывается на том, что в деревянных конструкциях деформации (и напряжения) распространяются волнообразно, в соответствии с физическими зависимостями распространения продольных волн деформаций внутри массива конструкций, и поперечных волн деформаций на поверхности конструкций. При этом можно считать, что скорость распространения волн деформаций сопоставима со скоростью распространения звука в рассматриваемом физическом теле.

Применительно к строительным конструкциям, возможно определить два процесса с точки зрения характера и продолжительности воздействия на испытуемый элемент конструкции.

Во-первых, при обычных статических испытаниях, нагрузка прикладывается за относительно короткое время, напряжения и деформации возникают за время приложения нагрузки, и волнообразно распространяются и приходят в состояние покоя, затем после определённого времени (выстойки) проводятся измерения. Интересен сам процесс распространения волн напряжений и деформаций, процесс эволюции этих волн в узлах, опорах элементов строительных конструкций, формирование и стабилизация нового объёмного напряженно-деформированного состояния.

Во-вторых, важной задачей является описание процесса возникновения и эволюции волн напряжений и деформаций в элементах строительных конструкций при внешних вибрационных воздействиях. В деревянных клеёных конструкциях это становится актуальным в связи с использованием ДКК в высотном каркасном строительстве, с активным использованием деревянных перекрестно-склеенных панельных конструкций (CLT-панелей) во многоэтажных зданиях. Необходимо определить многие характеристики поведения деревянного перекрёстно склеенного массива при внешних вибрационных воздействиях, в том числе такой важный показатель, как коэффициент затухания деформаций во времени. Разработка метода определения коэффициента затухания с учетом анизотропии деревянного перекрёстно склеенного массива имеет важное значение для практики проектирования, строительства и эксплуатации многоэтажных зданий с применением CLT-панелей.

Принятые различными исследователями и авторами описания и классификации волн напряжений и деформаций в твердых телах имеют отличия. Терминологические отличия частично были обусловлены практикой переводов на русский язык иностранной научной литературы по данной проблематике. Имеется обширная библиография исследований отечественных и зарубежных ученых.

Значительное количество исследований основано на принятой классификации волн напряжений на основе физики твердого тела:

- упругие волны (величины внутренних напряжений таковы, что напряжения и деформации связаны по закону Гука, внутреннее трение и вызванные им напряжения малы);

- вязко-упругие волны (вместе с упругими напряжениями действуют и напряжения вязкости и внутреннего трения);

- пластические волны (напряжения превышают предел упругости материала).

Эта классификация основана на анализе процесса реагирования материала на внешнее воздействие с точки зрения его упругости.

В дополнение к устоявшимся представлениям о волнах как о периодических колебаниях, не связанных с переносом вещества, А.И. Добролюбовым проведены исследования, раскрывающие особенности волнового переноса вещества многими волновыми движениями, в том числе в деформируемых твердых телах.

Представляется, что для древесины, в условиях воздействия определенных кратковременных (внезапных) нагрузок, наиболее корректным может быть энергетическая гипотеза формоизменения, и её развитие с учетом новых результатов многих исследователей.

С целью описания распространения волн напряжений, проведен численный эксперимент по сжатию модельного образца из древесины, размерами  $A \times B \times H$  в  $100 \times 100 \times 150$  мм (Рис. 4.). Прикладывается равномерно-распределенная нагрузка, за время  $t = 5$  миллисекунд. Предполагается, что за столь малый отрезок времени, древесина реагирует как упругий материал, его пластические свойства не успевают проявиться, происходит явление, аналогичное т.н. «запаздыванию текучести», отмеченный Ю.Н. Дейвисом, Работновым Ю.Н.

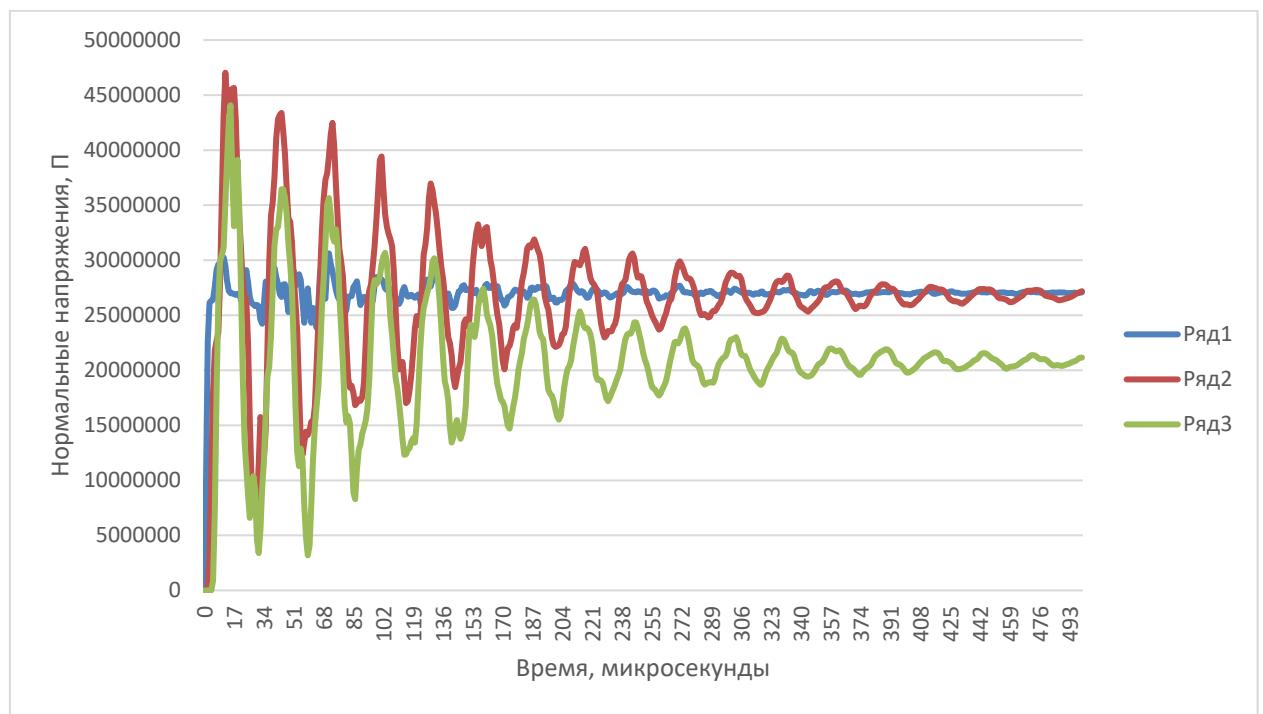


Рис. 1. Движение волны напряжений в точках деревянного модельного образца.

Движение волны напряжений в точках 1, 2 и 3, расположенных вдоль центральной оси, и 4, 5 и 6, расположенной на наружной грани модельного образца, имеет особенности, обусловленные расположением точек на наружной грани образца. Волновой характер распространения напряжений на наружной грани особенно показателен.

В точке 4, расположенной на верхнем торце модельного образца, в окрестности площадки приложения внешней нагрузки, с момента приложения нагрузки нарастают нормальные напряжения, достигают максимального значения и с незначительными

колебаниями стабилизируются во времени. Максимальные значения напряжения превышают напряжения в состоянии покоя в 1,09 раза.

В точке 5, расположенной на наружной грани, в середине высоты образца, нормальные напряжения возникают через некоторое время, за которое волна напряжения с заданной скоростью достигает указанной точки 5. Время прохождения волны напряжения видно на графике движения волны напряжения (рис. 4. ... увеличенный фрагмент рисунка 4 (предыдущего). Напряжения нарастают интенсивнее, чем в точке 4, амплитуды колебаний значительные. Максимальные значения напряжения превышают напряжения в состоянии покоя в 1,82 раза.

В точке 6, находящейся в припорной части образца, нормальные напряжения возникают по истечении времени, за которое волна напряжения с заданной скоростью достигает указанной точки 6. Исходя из размеров образца, время достижения волной напряжения точки 6 примерно в два раза больше, чем время достижения напряжения до точки 5. Максимальные значения напряжения превышают напряжения в состоянии покоя в 2,07 раза. В припорной зоне, в точке 6, численный эксперимент показал напряжение в состоянии покоя примерно такое же как в точках 4 и 5. В абсолютном выражении нормальные напряжения в состоянии покоя в точках 4 и 5, и 6 равны в среднем 26 МПа.

Выводы: Волновая составляющая напряжений значительно, до 2 раз, превышает напряжения в состоянии покоя. Данный фактор должен быть учтен при прогнозе длительной прочности, определяемой на основе кинетической теории.