

УДК 531.781.2

А. В. Дорожко, канд. техн. наук, доцент (БГТУ)

ЭКСТЕНЗОМЕТР С ЗАЩИТОЙ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЯ

В статье рассмотрена методика тензометрии древесины и проведен обзор конструкции датчиков для измерения продольной деформации образцов. Предложена конструкция экстензометра, включающая в себя две скобы, снабженные упругими элементами в виде тензобалок. При разрушении образца прибор не получит повреждения за счет того, что деформация упругих элементов ограничена прорезями в предохранительных пластинах.

This article discusses the strain gauge extensometer used for measuring longitudinal strain. The sensor consists of two clamps connected by plate. Each clamp has an elastic element (flat spring) with bonded resistance strain gages. Clamps installed on the sample by adjusting mounting screws and governed by additional spring. When the sample extending elastic elements are deformed together with bonded resistance strain gages. Their resistance to change, on the basis of which, define the deformation. With the destruction of the sample unit does not get damaged as well as the stroke of mounting screws on the elastic elements is limited. To do this, there are two plates with special slots.

Введение. В экспериментальной практике деформации древесины измеряют при решении двух типов задач. Первой задачей является натурная тензометрия деревянных сооружений и конструкций с целью оценки их прочности и жесткости. Вторая задача – это измерение деформаций образцов в испытательных машинах с целью определения характеристик деформативности древесины.

Основная часть. Для измерения деформаций используются различные типы тензометров. Это приборы, которые крепятся на образце или изделии (далее – образце) и служат для измерения их линейных деформаций. Для преобразования деформаций в измерительный сигнал они используют множество различных физических принципов преобразования перемещений. Однако все многообразие типов тензометров может быть разделено на две группы по способу крепления на образце.

К первой группе относятся тензометры, которые наклеиваются на образец и представляют с ним одно целое. Обычно это тензометры сопротивления: проволочные или фольговые тензорезисторы. Их достоинством является малые размер и масса. Малая инерционность тензорезисторов позволяет производить измерения при высоких скоростях нагружения образцов, например, при ударе или высокочастотном циклическом нагружении. Недостатком тензорезисторов является чувствительность к поперечной деформации, что приводит к погрешности измерения основной продольной деформации. Особенно существенной погрешность становится при тензометрии древесины, которая имеет высокую степень анизотропии. Например, при растяжении образца древесины в тангенциальном направлении деформация образца в поперечном направлении, т. е. аксиальном структурном для древесины, будет в десятки раз меньше продольной. В этом случае

поперечная деформация образца даже при использовании фольгового тензорезистора с пониженной поперечной чувствительностью будет измерена со значительной погрешностью.

Ко второй группе относятся тензометры, которые устанавливаются на исследуемый образец и закрепляются на нем при помощи специальных фиксирующих устройств. Измеряемая деформация от них передается к преобразователю перемещения, который непосредственно с образцом не взаимодействует. Это исключает влияния поперечной деформации [1].

Кроме того, в отличие от тензорезисторов, которые наклеиваются на поверхность образца и являются одноразовыми, экстензометры используются многократно, что более целесообразно с экономической точки зрения.

Исходя из рассмотренных конструктивных особенностей, использование экстензометров при массовых лабораторных испытаниях представляется предпочтительным.

Анализ конструкций известных экстензометров показал, что в них отсутствуют конструктивные элементы, защищающие прибор от повреждения в случае разрыва образца. Кроме того, усилие прижима фиксирующих устройств не регулируется, что затрудняет получение устойчивого положения экстензометра на образцах из материалов с различной твердостью.

На рисунке показано схематическое изображение экстензометра, свободного от указанных недостатков. В качестве прототипа использован экстензометр – датчик деформации [2]. Экстензометр состоит из двух скоб, соединенных между собой пластиной 11. Каждая скоба представляет собой Г-образный рычаг 9 с присоединенным к нему упругим элементом 4 в виде плоской пружины. На концах рычагов 9 и пружин 4 имеются регулируемые заостренные установочные винты 1 и 8, предназначенные для закрепления скоб на образце. Винты фиксиру-

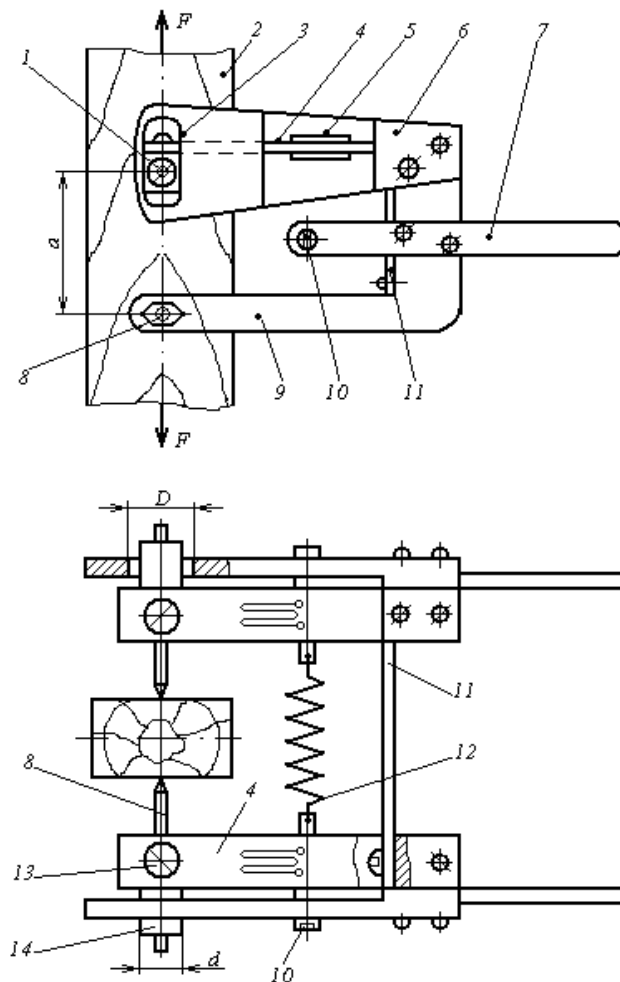
ются в нужном положении при помощи контргайк 14 диаметром d . Расстояние между винтами 1 и 8 соответствует базе тензометра, т. е. длине того участка образца, на котором измеряется деформация.

Скобы снабжены ограничительными пластинами 6, в которых имеются овальные прорези 3 шириной $D > d$, в которые свободно входят контргайки 14. Длина прорези выбирается таким образом, чтобы обеспечить максимальный свободный ход контргайки 14, при котором не происходит повреждения упругих элементов 4 и наклеенных на них тензорезисторов 5. Для этого максимальные напряжения изгиба, возникающие в упругих элементах, не должны превышать 50–60% от условного предела текучести для материала, из которого они изготовлены. Кроме того, предельная относительная деформация тензорезисторов, наклеенных на упругие элементы, не должна превышать 0,3%.

К скобам присоединены два рычага 7, выполняющие функцию рукояток, с помощью которых прибор монтируют на образце. Между рычагами 7 установлена пружина 12, присоединенная одним концом к гайке с регулировочным винтом 10.

На упругие элементы 4 попарно наклеены четыре тензорезистора 5. Они электрически соединены в измерительный мост Уитстона. При этом тензорезисторы, наклеенные на верхние и нижние (одноименные) поверхности упругих элементов, образуют противоположные плечи моста. Таким образом, каждая скоба механически представляет собой отдельный датчик перемещения, однако их тензорезисторы электрически соединены в один измерительный мост.

Для присоединения прибора в измерительную сеть используется экранированный кабель, который на схеме условно не показан.



Экстензометр с защитой от повреждения:

- 1 – установочный винт упругого элемента; 2 – образец; 3 – овальная прорезь;
 4 – упругий элемент; 5 – тензорезистор; 6 – ограничительная пластина;
 7 – рычаг; 8 – установочный винт скобы; 9 – рычаг скобы;
 10 – регулировочный винт; 11 – соединительная пластина;
 12 – стяжная пружина; 13 – крепежный винт; 14 – контргайка

Работает экстензометр следующим образом. В зависимости от твердости древесины образца 2 и его поперечного размера регулируется вылет, а затем фиксируется положение установочных винтов 1 и 8. на скобах. Путем вращения винта 10 создается усилие прижима установочных винтов к образцу 2, необходимое для устойчивого положения прибора. При навешивании экстензометра на образец 2 скобы разводятся в стороны, сближая рычаги 7, прикрепленные к скобам. Прибор для предотвращения перегиба от натяжения экранированного кабеля прикрепляют к образцу резиновым жгутом.

Перед использованием прибора проводится его градуировка. Для этого Г-образные рычаги скоб 9 закрепляют на основании. При помощи микрометрической подачи двум установочным винтам 1, расположенным на упругих элементах, одновременно задается равное перемещение относительно основания, которое контролируется образцовым измерителем перемещения, например индикатором часового типа. Это перемещение соответствует деформации образца 2. При этом измеряется выходное напряжение моста Уитстона. Очевидно, что оно пропорционально полусумме перемещений, измеренных правой и левой скобами. На основании данных эксперимента методом регрессионного анализа получают уравнение преобразования напряжения в деформацию или так называемую градуировочную характеристику экстензометра.

При испытании однородного образца с прямолинейной осью по мере его растяжения или сжатия расстояние a между точками крепления установочных винтов 1 и 8 для каждой скобы изменяется одинаково. Это приводит к одинаковому изгибу упругих элементов скоб 4 и деформации, наклеенных на их поверхностях тензорезисторов 5. Сопrotивление тензорезисторов 5 изменяется и, как следствие, на измерительной диагонали моста Уитстона проявляется разность потенциалов, пропорциональная измеряемой деформации.

Однако при испытаниях на растяжение или сжатие образцов с начальным искривлением продольной оси или неравномерной жесткостью структурных слоев арифметическое суммирование измеренных деформаций на его боковых поверхностях может привести к существенным погрешностям. Это связано с тем, что образец

в дополнение к растяжению или сжатию начнет изгибаться. В этом случае возникает различие в деформациях на правой и левой боковых поверхностях образца 2, причем не только по модулю, а при большом искривлении образца, даже и по знаку. Теперь действительная деформация, отнесенная к рабочей части образца, должна вычисляться как алгебраическая полу-сумма двух боковых, т. е. с учетом знака перемещения, измеренного каждой скобой.

Для этого необходимо тензорезисторы, наклеенные на одноименные поверхности упругих элементов обеих скоб, включить в противоположные плечи одного измерительного моста. Значение измеренной деформации рассчитывается на основании выходного напряжения моста. Очевидно, что при этом используется градуировочная характеристика, полученная рассмотренным выше способом при одновременном перемещении обоих установочных винтов 1 и 8.

В случае разрушения образца 2 расстояние a между точками крепления установочных винтов 1 и 8 резко и неконтролируемо изменяется. Это приведет к значительному изгибу и, как следствие, выходу из строя упругих элементов 4, а также наклеенных на них тензорезисторов 5. Для исключения повреждения ход контролек 14 установочных винтов упругих элементов 1 ограничен размером овальных прорезей 3, в которых они двигаются.

Заключение. Конструкция предлагаемого экстензометра позволяет:

- 1) избежать повреждения прибора при разрушении образца за счет ограничения деформаций его упругих элементов;
- 2) многократное использование за счет исключения наклеивания;
- 3) автоматическое суммирование деформаций на противоположных поверхностях образца с учетом их знака за счет предложенной схемы соединения тензорезисторов.

Литература

1. Дорожко, А. В. Тензометр для измерения продольных деформаций образца / А. В. Дорожко // Труды БГТУ. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 1997. – Вып. V. – С. 116–119.
2. Патент США № 4251918 от 24.02.1981.

Поступила 01.04.2010