

ЗАВИСИМОСТЬ УПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ СЛОЯ НАМОТКИ ОТ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ*

М.Н. НУРИЕВ

(Азербайджанский государственный экономический университет)

Для реализации методики измерения упругих параметров слоя намотки, приведенной в [1], разработано и изготовлено специальное нагрузочное приспособление, схема которого представлена на рис. 1.

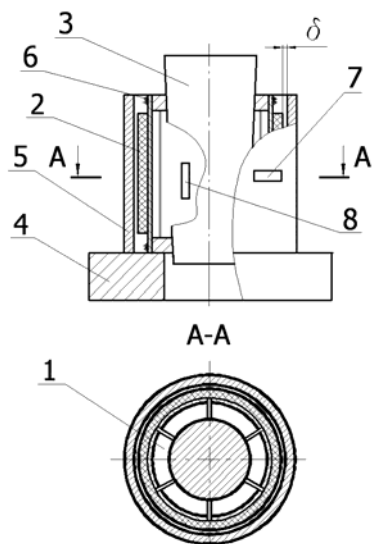


Рис. 1

Приспособление состоит из шестилепестковой цанги 1, которая является патроном для намотки испытываемого слоя намотки 2, конуса 3, разжимающего цангу, опорной втулки 4 и трубчатой оправки 5. Трубчатая оправка имеет достаточную толщину для того, чтобы ее деформацией в процессе испытаний можно было пренебречь. Для регистрации давления на цангу и трубчатую оправку на их поверхность, контактирующую с намоткой, наклеены тензорезисторы 7 и 8 соответственно.

Устройство работает следующим образом. Цанга 1 устанавливается в специальный бобинодержатель мотального механизма. При этом лепестки цанги поддерживаются пружинами 6, которые охватывают цангу по ее краям.

С помощью мотального механизма на цангу наматывается тонкий слой намотки 3 мм. Он является образцом для испытаний.

*Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук П.Н. Рудовского.

После снятия цанги с мотального механизма определяются следующие парамет-

ры:

– ℓ – ширина намотки;

– $2a_0$ – диаметр внутренней поверхности образца на начало первого этапа испытаний совпадает с наружным диаметром сжатой цанги;

– $2b_0$ – диаметр наружной поверхности образца на начало первого этапа испытаний определяется замером длины окружности наружной поверхности тела намотки с последующим пересчетом;

– устанавливается ноль на датчике силы давления на цангу для последующего определения изменения давления, вызванного деформацией образца.

После замера указанных параметров в цангу 1 вставляется конус 3 и они помещаются в трубчатую оправку 5, установленную на опорную втулку 4. Собранный таким образом приспособление помещается на стол машины для испытания материалов на сжатие. При надавливании пуансона машины на конус 3 он перемещается вниз, раздвигая лепестки цанги 1 и оказывая давление на внутреннюю поверхность слоя намотки. Наружная поверхность образца при этом остается свободной от давлений. Таким образом, в испытываемом образце создается первое напряженное состояние. Наружный диаметр тела намотки при этом увеличивается. Когда зазор δ будет выбран и поверхность намотки коснется внутренней поверхности трубчатой оправки 5, первый этап испытаний (при первом напряженном состоянии) считается завершенным. В этот момент с измерительного приспособления снимаются следующие данные:

– P_1 – сила давления на внутреннюю поверхность намотки со стороны цанги определяется по показаниям датчика, в состав которого входит тензорезистор 8,

– $2a_1$ – диаметр внутренней поверхности образца на конец первого этапа испытаний определяется по перемещению конуса, которое регистрируется средствами испытательной машины,

– $Q_1=0$ – давление на наружной поверхности образца равно нулю,

– $2b_1$ – диаметр наружной поверхности образца на конец первого этапа испытаний равен внутреннему диаметру трубчатой оправки.

Результаты измерений обрабатываются в следующем порядке.

1. Рассчитывается давление на внутреннюю поверхность намотки со стороны цанги:

$$P_1 = \frac{P_1}{2\pi a_1 \ell}. \quad (1)$$

2. Принимается в первом приближении значение коэффициента анизотропии $k=1$, $q_1=0$ и $\rho = \frac{a+b}{2}$, после чего по формулам

(1) и (2) [1] рассчитывают окружное σ_θ^I и радиальное σ_r^I давления на среднем радиусе слоя намотки на конец первого этапа нагружения.

3. Соответствующие деформации рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} \varepsilon_\theta^I &= \frac{(2b_1 + 2a_1) + (2b_0 + 2a_0)}{2b_0 + 2a_0}, \\ \varepsilon_r^I &= \frac{(2b_1 - 2a_1) + (2b_0 - 2a_0)}{2b_0 - 2a_0}. \end{aligned} \quad (2)$$

После снятия показаний нагружение образца продолжается, то есть конус перемещается дальше, до погружения на глубину, установленную методикой проведения эксперимента. После полного погружения конуса заканчивается второй этап испытаний (образец находится во втором напряженном состоянии). Для определения характеристик его напряженного состояния с испытательного приспособления снимаются следующие первичные данные:

– P_{II} – сила давления на внутреннюю поверхность намотки со стороны цанги по показаниям датчика, в состав которого входит тензорезистор 8,

– $2a_2$ – диаметр внутренней поверхности образца на конец второго этапа испытаний определяется по перемещению конуса, которое регистрируется средствами испытательной машины,

– Q_{II} – сила давления на наружной поверхности образца по показаниям датчика, в состав которого входит тензорезистор 7,

– $2b_2$ – диаметр наружной поверхности

образца на конец первого этапа испытаний равен внутреннему диаметру трубчатой оправки.

Результаты измерения обрабатываются в следующем порядке.

1. Рассчитывается давление на внутреннюю поверхность намотки со стороны цанги:

$$P_{II} = \frac{P_{II}}{2\pi a_2 \ell}. \quad (3)$$

2. Рассчитывается давление на наружную поверхность намотки со стороны цанги:

$$Q_{II} = \frac{Q_{II}}{2\pi b_2 \ell}. \quad (4)$$

3. Принимается в первом приближении значение коэффициента анизотропии $k=1$ и $\rho = \frac{a+b}{2}$, после чего по формулам (1) и (2)

[1] рассчитывают окружное σ_{θ}^{II} и радиальное σ_r^{II} давления на среднем радиусе слоя намотки на конец второго этапа нагружения.

4. Соответствующие деформации рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\theta}^{II} &= \frac{(2b_2 + 2a_2) + (2b_1 + 2a_1)}{2b_1 + 2a_1}, \\ \varepsilon_r^{II} &= \frac{(2b_2 - 2a_2) + (2b_1 - 2a_1)}{2b_1 - 2a_1}. \end{aligned} \quad (5)$$

После этого по формулам (5) [1] рассчитывают упругие параметры тела намотки E_{θ} , E_r , $\mu_{r\theta}$, $\mu_{\theta r}$. Зная их, по формуле (3) [1] уточняют коэффициент анизотропии и сравнивают его с принятым ранее значени-

ем. Если расхождение составляет менее 5%, то полученные значения упругих параметров тела намотки E_{θ} , E_r , $\mu_{r\theta}$, $\mu_{\theta r}$ считаются определенными. В противном случае принятое значение коэффициента анизотропии увеличивается на единицу и расчеты повторяются снова. Как показывают предварительные результаты обработки экспериментальных данных, требуемая точность определения упругих параметров тела намотки достигается после не более чем 30 итераций.

По описанной методике проводились измерения упругих параметров слоя намотки из хлопчатобумажной пряжи кольцевого прядения с линейной плотностью 15,4 и 50 текс, а также для пряжи 25×2 текс, полученной на прядильно-крутильной машине ПК-100М3. Целью эксперимента было выяснение зависимостей модулей упругости слоя намотки от условий его формирования – линейной плотности наматываемой нити, намоточного натяжения и диаметра намотки, а также оценка погрешности от использования формул Лямэ для анизотропного тела, применявшихся в подобной методике [4] при определении напряжений в образце.

Намотка осуществлялась на стенде, который позволял наматывать образцы на специальных патронах в виде шестилепестковой цанги с наружным диаметром 56, 80 и 100 мм. Наименьший диаметр цанги принимался равным диаметру патрона пневмомеханических прядильных машин, имеющих широкое распространение на отечественных прядильных предприятиях. Толщина слоя намотки во всех повторностях эксперимента составляла 3 мм. Натяжение при наматывании устанавливалось с помощью грузовых шайб и контролировалось тензометром Агат.

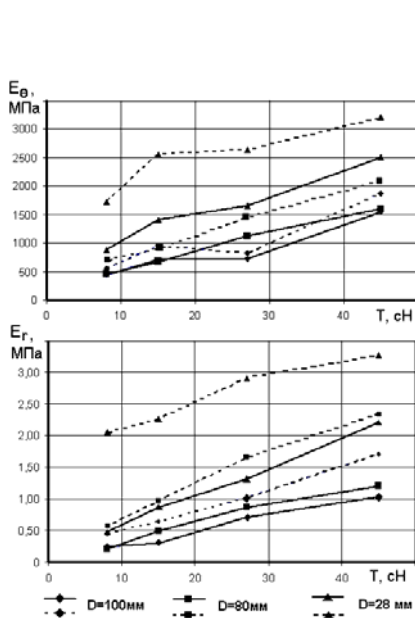


Рис. 2

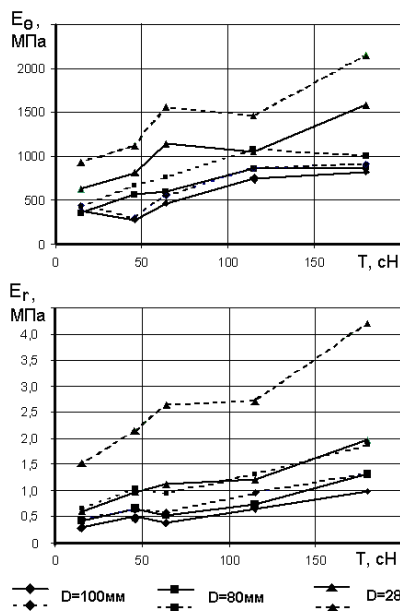


Рис. 3

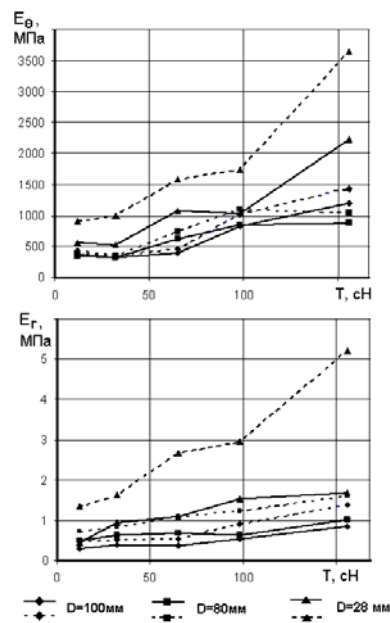


Рис. 4

Результаты измерения радиального E_r и тангенциального E_θ модулей упругости приведены на рис. 2...4. Пунктиром на графиках представлены зависимости модулей упругости тела намотки от – диаметра наматывания и намоточного натяжения для хлопчатобумажной пряжи: рис. 2 – 15,4; рис. 3 – 50 и рис. 4 – 25×2 текс, полученные при расчете напряжений в образце по формулам Лямэ. Такой метод расчета напряжений использовался в описанной ранее методике [3]. Как видно из графиков, расчет напряжений без учета анизотропии образца вносит в результаты эксперимента существенные погрешности, которые нарастают при уменьшении диаметра намотки.

Анализ графиков показывает, что как радиальный, так и тангенциальный модули упругости в значительной мере зависят от междуслойных давлений. Действительно, согласно [2] давление нити на поверхность намотки равно:

$$p = \frac{T}{R}, \quad (6)$$

где T – натяжение нити; R – радиус тела намотки.

Таким образом, давление нитей на поверхность тела намотки, а значит и между-

слойное давление увеличиваются с увеличением натяжения нити и уменьшением радиуса наматывания. Такая же тенденция, как видно из графиков, прослеживается и в отношении модулей упругости слоя намотки. Полученные значения модулей упругости слоя намотки можно использовать для расчета междуслойных давлений и давлений на патрон.

ВЫВОДЫ

1. Апробирована методика экспериментального определения модулей упругости слоя намотки с учетом его анизотропии.
2. Показано, что применение формул Лямэ для определения напряжений в образце приводит к существенным погрешностям при расчете модулей упругости слоя намотки.
3. Показано, что давление между витками является наиболее существенным фактором, влияющим на упругие параметры слоя намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нуриев М.Н. Методика определения упругих параметров слоя намотки // Вестник КГТУ, № 17. – Кострома, 2007.
2. Минаков А.П. Основы теории наматывания и сматывания нити // Текстильная промышленность. – 1944, № 10. С.11...12.

3. Палочкин С.В., Нуриев М.Н., Рудовский П.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок: Монография. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2006.

4. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука 1977.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 30.06.08.
