

судсы являются вспомогательными материалами, предназначенными для выполнения самых различных заданий и работ по данному учебному курсу.

#### Аннотация

### Особенности использования информационных технологий при обучении студентов на кафедре «Тракторы и автомобили»

В работе представлены некоторые средства автоматизации учебного процесса с использованием современных информационных технологий, разработанные на кафедре «Тракторы и автомобили» БГАТУ. Приведены описания электронных конспектов, учебных пособий и лабораторного практикума.

#### Abstract

### Features the use of information technology in teaching students at the Department «Tractors and Automobiles»

In this article presenting some elements of teach process automatisatıon w use modern information technology producing by department of «Tractors and trucks» of BSATU.

УДК 539.3.6

### ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

Буховец А. П., к.т.н., доцент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Элементарная частица на поверхности** может находиться в линейном или плоском напряженном состоянии. В первом случае, например, при растяжении или сжатии главная ось – ось  $x$ , и величину главного напряжения  $\sigma_1$  можно вычислить на основе закона Гука, замерив величину относительной линейной деформации  $\varepsilon_x$  непосредственно или тензометрическим способом

$$\sigma_x = \varepsilon_x \cdot E. \quad (1)$$

В случае плоского напряженного состояния главное напряжение вдоль одной из его осей  $\sigma_2$  равно нулю. Величину 2-х других главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  определяют главные деформации  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_3$  по обобщенному закону Гука

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_3), \quad \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_3 + \mu\varepsilon_1); \quad (2)$$

где  $E$  – модуль Юнга, равный для стали  $2 \cdot 10^5$  МПа;  
 $\mu$  – коэффициент Пуассона, принимаемый 0,3.

**Непосредственное измерение** искомых деформаций  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_3$  на поверхности в линейных величинах не представляется возможным и их определение производится тензометрическим методом. Для этого на исследуемую поверхность наклеивается розетка из 3-х тензорезисторных датчиков под углом  $45^\circ$  друг к другу и соответственно с углами  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  к главной оси  $x$ .

Для более четкого понимания студентами физической сущности деформированного состояния применим следующий подход. Пусть  $x$  и  $y$  главные оси деформаций. Они характерны тем, что угловые перемещения датчиков, расположенных вдоль и перпендикулярно главным осям, отсутствуют. Датчики, расположенные по другим направлениям, поворачиваются на некоторый угол в процессе деформации.

Наибольшее угловое перемещение получают датчики, расположенные под углом  $45^\circ$  к главным осям, если линейные относительные деформации  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  не равны между собой. Однако, как показывают расчеты, выполненные за пределами настоящего сообщения, их максимальное угловое перемещение не превышает  $0,02^\circ$ , что на порядок ниже возможной ошибки расположения датчиков на деформируемой поверхности при монтаже их розетки.

Тогда, линейная деформация 1-го датчика длиной  $S$  определяется величиной  $dS$  перемещения точки  $B$  в точку  $C$ . При этом проекции датчика  $S$  и его удлинения  $dS$  на главные оси координат соответственно равны  $X, Y$  и  $dx, dy$  (рисунок 1):

$$X = S \cdot \cos \alpha_1; \quad Y = S \cdot \sin \alpha_1; \quad dx = dS \cdot \cos \alpha_1; \quad dy = dS \cdot \sin \alpha_1. \quad (3)$$

Проведя перпендикуляр из точки  $D$  к линии  $dS$  в треугольнике  $BCD$ , получим сумму  $dS = dx \cdot \cos \alpha_1 + dy \cdot \sin \alpha_1$ .

Относительная деформация 1-го датчика  $\varepsilon_1$  будет равна

$$\varepsilon_1 = \frac{dS}{S} = \frac{dx}{S} \cdot \cos \alpha_1 + \frac{dy}{S} \cdot \sin \alpha_1. \quad (4)$$

Неизвестную величину  $S$  в уравнении (4) можно заменить выражениями из уравнений (3):  $S = \frac{X}{\cos \alpha_1}$  и  $S = \frac{Y}{\sin \alpha_1}$ . Тогда  $\varepsilon_1 = \frac{dx}{X} \cdot \cos^2 \alpha_1 + \frac{dy}{Y} \cdot \sin^2 \alpha_1$ . (5)

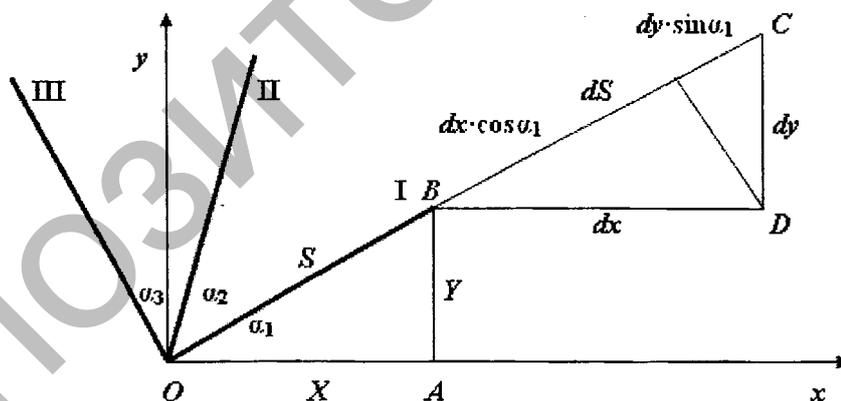


Рисунок 1 – Проекция датчика  $S$  и его удлинения  $dS$  на главные оси координат соответственно равны  $X, Y$  и  $dx, dy$

Так как  $\frac{dx}{X} = \varepsilon_x$  и  $\frac{dy}{Y} = \varepsilon_y$  представляют собой относительные осевые деформации датчика, то в окончательном виде получим

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x \cos^2 \alpha_1 + \varepsilon_y \sin^2 \alpha_1. \quad (6)$$

Характерно, что осевые деформации  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  определяются не длиной датчика  $S$ , а его проекциями  $X$  и  $Y$  на главные оси координат. Следовательно, относительные осевые деформации  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  будут одинаковы для всех 3-х датчиков тензометрической розетки по их направлениям:  $\alpha_1$ ;  $\alpha_2 = \alpha_1 + 45^\circ$  и  $\alpha_3 = \alpha_1 + 90^\circ$ .

Тогда, согласно (6) получим систему линейных уравнений:

$$\begin{aligned} \varepsilon_I &= \varepsilon_x \cos^2 \alpha_1 + \varepsilon_y \sin^2 \alpha_1; & \varepsilon_I &= \varepsilon_x \cos^2 \alpha + \varepsilon_y \sin^2 \alpha; \\ \varepsilon_{II} &= \varepsilon_x \cos^2 \alpha_2 + \varepsilon_y \sin^2 \alpha_2; & \text{или} & \quad \varepsilon_{II} = \varepsilon_x \cos^2(\alpha + 45^\circ) + \varepsilon_y \sin^2(\alpha + 45^\circ); (7) \\ \varepsilon_{III} &= \varepsilon_x \cos^2 \alpha_3 + \varepsilon_y \sin^2 \alpha_3; & \varepsilon_{III} &= \varepsilon_x \cos^2(\alpha + 90^\circ) + \varepsilon_y \sin^2(\alpha + 90^\circ). \end{aligned}$$

Решив ее, найдем величины главных деформаций  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  и направление главных осей по формулам

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\varepsilon_I - 2\varepsilon_{II} + \varepsilon_{III}}{\varepsilon_I - \varepsilon_{III}}; \quad (8)$$

$$\varepsilon_{x,y} = \varepsilon_{1,3} = \left[ \frac{\varepsilon_I + \varepsilon_{III}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_I - \varepsilon_{III})^2 + (\varepsilon_I - 2\varepsilon_{II} + \varepsilon_{III})^2} \right] \cdot \varepsilon^0; \quad (9)$$

где  $\varepsilon_I, \varepsilon_{II}, \varepsilon_{III}$  – деформации, измеренные розеткой тензорезисторов;  
 $\alpha$  – угол между главной осью деформации и направлением  $\varepsilon_I$ , положительный – по часовой стрелке от  $\varepsilon_x$ , отрицательный – наоборот.  
 $\varepsilon^0$  – тарировочный коэффициент перевода деформаций в линейные единицы.

Тарировочный коэффициент определяется при чистом изгибе балки по уравнению

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_x / n; \quad (10)$$

где  $\varepsilon_x$  – реальная относительная деформация вдоль оси балки;  
 $n$  – показания тензорезистора, ориентированного также вдоль оси балки.  
 При этом, максимальное напряжение в поперечном сечении балки  $\sigma_x$  равно:

$$\sigma_x = \frac{M}{W_z} = \frac{6 \cdot F \cdot a}{b \cdot h^2}; \quad (11)$$

где  $M$  – изгибающий момент, равный  $F \cdot a$ ;  
 $W_z$  – осевой момент сопротивления, равный  $b \cdot h^2 / 6$ .  
 Тогда, тарировочный коэффициент  $\varepsilon^0$  определится из выражения:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_x / n = \sigma_x / E \cdot n = \frac{6 \cdot F \cdot a}{b \cdot h^2 \cdot E \cdot n}. \quad (12)$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М.Д.Подскребко. – Мн.: Выш. шк., 2007, – 797 с.

#### Аннотация

#### Особенности исследования деформаций и напряжений при изучении курса «Сопротивление материалов»

Изложена сущность тензометрического метода исследований деформированного и напряженного состояний. Разработан оригинальный математический аппарат, исходя из физической сущности явлений. Это позволяет студентам более полно освоить изучаемый раздел сопротивления материалов.

## Abstract

### Features of research of deformations and pressure at studying a rate « Resistance of materials »

The article is devoted to the tensiometrical research methods of deformed and tension state. The original mathematical apparatus has been developed according to the physical essence of phenomena. One to this appliance the students have all possibilities to study the full course of the Resistance of materials discipline.

УДК621.565.(07)

#### ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТНИКА

**М.В. Колончук**, ст. преподаватель; **Ф.Д. Сапожников**, к.т.н., доцент;  
**А.П. Гаспаревич**, студент  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Агропромышленный комплекс страны располагает большим разнообразием высокотехнологичных доильных и холодильных установок на молочно-товарных фермах. Для поддержания работоспособности доильного и холодильного оборудования его постоянно проверяют и в полном объеме проводят все операции технического обслуживания. Изменения акцентов в изучении передовых технологий и технических средств диагностики доильных и холодильных установок влечет за собой увеличение веса интегрированных знаний, основанных на обобщении теоретических исследований и опыта эксплуатации промышленного оборудования [1].

Системы современного импортного доильного оборудования известных на мировом рынке производителей – *Westfalia-Surge* и *Impulsa* (Германия), *BouMatic* (США) реагируют на физиологические особенности коров, выбирают автоматический режим доения (частоту пульсаций, уровень вакуума, соотношение тактов, стимулирование реализации рефлекса молокоотдачи). Диагностирование дефектов и неисправностей, допущенных при монтаже и эксплуатации в целях определения технического состояния доильной установки, является важным этапом их технического сервиса.

Важной особенностью диагностики технического состояния холодильных установок является возможность сопоставления отдельных процессов между собой без нахождения всех параметров действительного цикла. Параметры режима работы характеризуют величины давлений и температур. Одной из проблем в работе ремонтно-обслуживающего персонала является то, они не могут наблюдать процессов, происходящих внутри трубопроводов. Измерение давления требует проникновения внутрь холодильного контура, а измерение температуры производится снаружи. Оптимальный режим работы холодильной установки характеризуется определенными значениями перепадов температур между средами в теплообменных аппаратах, температурами перегрева пара на всасывании в компрессор и нагнетания. При устранении неисправностей рекомендуется, прежде всего, обращать внимание на рабочие значения температур (а не давлений), поскольку они не зависят от вида используемого хладагента. Оценка технического состояния холодильной установки по температурному критерию упрощает процесс диагностики холодильного контура, заправленного новыми озонобезопасными видами хладагентов [1].

Характер изменения диагностируемых параметров доильной установки ограничен довольно жесткими рамками. Временная диаграмма пульсаций вакуумметрического давления пульсатора определяется набором семи показателей (рисунок 1а).