

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**ИННОВАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ НА ОСНОВЕ
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ (ЕВРОКОДОВ)**

(г. Минск, БНТУ – 30.05.2017)

УДК 624.04

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЯ
СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ СОГЛАСНО
ЕВРОНОРМАМ И ГОСУДАРСТВЕННЫМ
СТАНДАРТАМ**

БАРАНЧИК А. В., БАРАНЧИК В. Г.

Белорусский национальный технический
университет Минск, Беларусь

В Центре научных исследований и испытаний строительных конструкций совместно с РУП «БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ», были проведены работы по исследованию труб, произведенных компанией NOVAS (Республика Польша).

Исследование проводились на плоских и кольцевых образцах, отобранных из труб, находившихся в эксплуатации.

Испытания плоских образцов и обработка результатов проводилось по ГОСТ 25.601–80 и PN-EN 1393–2002.

При проведении исследований по данным испытаний плоских образцов определялись:

– прочность образцов при продольном растяжении по ГОСТ 25.601 в МПа по формуле

$$\sigma_B = \frac{F}{\cdot b} \cdot \gamma_h$$

– прочность при растяжении по PN-EN 1393 в Н/мм по формуле

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{b} ;$$

– модуль упругости при растяжении в продольном направлении по формуле

$$E = \frac{F}{b \cdot h} \cdot \frac{l}{l} ;$$

– коэффициент Пуассона по формуле

$$\nu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} ;$$

где F_{\max} – максимальная нагрузка при разрушении образца, Н;

b – ширина образца, мм;

h – толщина образца, мм;

l – абсолютное удлинение образца на базе измерений (20 мм);

l – база измерений (20 мм);

F – приращение нагрузки кН;

ε_1 – поперечная деформация образца на базе измерений (20 мм);

ε_2 – продольная деформация образца на базе измерений.

Для проведения исследований были изготовлены плоские образцы из труб. Вырезка образцов проводилась в продольном направлении труб. Размеры образцов составляли:

- 1) длина – 448–452 мм;
- 2) ширина – 40–42 мм;
- 3) толщина – 32,9–32,95 мм.

В процессе выполнения исследований плоских образцов проводилось их осевое нагружение растягивающей нагрузкой с контролем поперечных и продольных деформаций. Для контроля деформаций использовались тензометрические датчики деформаций на базе 20,0 мм, и тензометрическая станция АИД-4. Чувствительность измерений не ниже 10–5 единиц деформаций.

Нагружение образцов производилось в машине для испытаний на статическое растяжение Р-50М (модернизированная), которая позволяет нагружать образцы с контролируемой скоростью нагружения или перемещения захвата в ручном режиме, измерять нагрузку

с точностью до 1 % для диапазона 50 кН, 200 кН, 500 кН, с определением общего удлинения образцов. Машина имеет связь с ПК.

Общий вид образцов, при испытаниях приведен на рис. 1.

Проводилось трехкратное нагружение – разгрузка каждого плоского образца до 10 000 Н, затем производилось нагружение образца до разрушения. За критерий разрушения принимался разрыв образца.

Данные по исследуемым плоским образцам приведены в табл. 1.

Анализируя результаты испытаний плоских образцов отобранных из труб компании NOVAS, установлено, что образцы не имеют физического предела текучести и разрушаются хрупко.

Прочность образцов при растяжении в продольном направлении при обработке по ГОСТ 25.601 составляет 12,53–14,57 МПа, при обработке по PN-EN 1393 составляет 412,7–468,95 Н/мм, что больше минимальной установленной для напорных труб по PN-EN 14364 при давлении 6,0 bar равной 290 Н/мм.

Модуль упругости образцов при растяжении в продольном направлении составляет 8303,62–9536,7 МПа.



Рис. 1. Нагружение плоского образца

Таблица 1

Опытные данные по исследуемым образцам

Номер образца	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Условная маркировка (дата)	29.05.16	29.05.16	29.05.16	29.05.16	29.05.16	20.06.16	20.06.16	20.06.16	20.06.16
Ширина, мм	40,18	42,47	41,98	42,18	42,62	41,7	42,09	41,26	41,98
Толщина, мм	32,96	32,98	32,9	33	32,91	32,92	32,92	32,98	32,9
Разрушающая нагрузка, кН	17,78	19,099	20,12	19,78	18,56	17,2	17,82	17,56	17,45
Прочность при растяжении в продольном направлении по ГОСТ 25.601, МПа	13,426	13,636	14,568	14,2108	13,233	12,529	12,861	12,905	12,6345
Прочность на растяжение по PN-EN 1393 Н/мм	442,509	449,706	423,378	468,946	435,476	412,470	423,378	425,594	415,674
Модуль упругости при растяжении в продольном направлении, МПа	8873,26	8303,62	8430,59	8510,92	8344,33	9496,59	9488,359	9536,699	9028,359
Коэффициент Пуассона	0,203	0,219	0,207	0,215	0,208	0,206	0,207	0,196	0,193

В качестве образцов для проведения исследований кольцевых образцов заказчиком были представлены кольцевые образцы из трубы бывшей в эксплуатации шириной 350 мм и 500 мм, трубы не эксплуатировавшийся шириной 330 мм.

Испытания проводились PN-EN 1228 по методу В, и ГОСТ Р 55071–2012 по методу Б. При испытаниях кольцевого образца по данным методам поддерживали заданную удельную кольцевую деформацию в течении заданного интервала (2 минуты), в конце заданного промежутка времени измеряли сжимающую нагрузку. Схема испытаний приведена на рис. 2.

После проведения испытаний по определению начальной удельной кольцевой жесткости проводилось догружение до удельной кольцевой деформации по образованию трещин в соответствии с PN-EN 14364–2006. Для труб диаметром 1400 мм и номинальной кольцевой жесткостью 10 000 Н/мм² удельная кольцевая деформация по образованию трещин составляет 9 %.

Далее производилось догружение трубы до разрушения с фиксацией удельной кольцевой деформации.

Нагружение образцов проводилось при помощи гидравлических домкратов, а величина нагрузки контролировалась по образцовому манометру класса 0,4 установленного на насосной станции. Нагружающие площадки были выполнены в виде пары брусков шириной 50 мм. Деформации кольца контролировались по показаниям прогибомеров с ценой деления 0,01 мм, установленных между брусками.

Вид кольцевых образцов при испытании при различных нагрузках приведен на рис. 3–5.

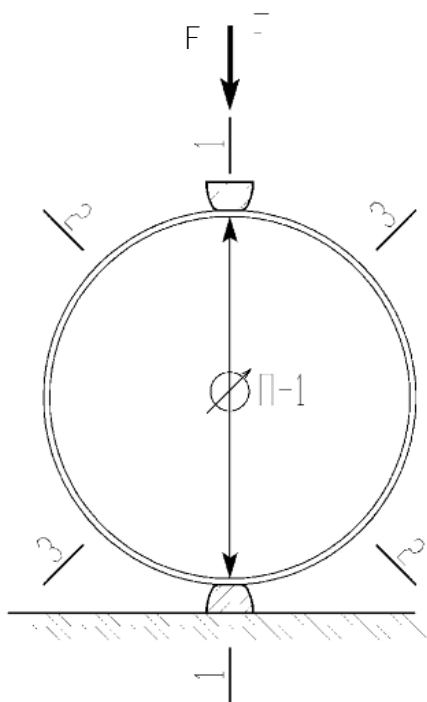


Рис. 2. Схема нагружения образца:

F – сжимающая нагрузка; 1-1, 2-2, 3-3 – испытываемые сечения;
 $\Pi-1$ – прогибомер 6ПАО для контроля деформаций образца



Рис. 3. Образец № 1 при нагрузке при удельной кольцевой деформации 3 %



Рис. 4. Характер разрушения образца № 1



Рис. 5. Характер разрушения образца № 2

При проведении исследований по данным испытаний определены:

- 1) удельная кольцевая деформация y/d_{cp} ;
- 2) начальная удельная кольцевая жесткость в Н/м^2 по формуле

$$s_0 = \frac{F \cdot t}{L \cdot y};$$

коэффициент деформации трубы по формуле

$$f = \left(1860 + \frac{25\,000 \cdot y}{d_{cp}}\right) \cdot 10^{-5},$$

Где F – сжимающая нагрузка, Н;

L – длина образца, мм;

y – деформация трубы, мм.

Данные по исследуемым образцам приведены в табл. 2.

При удельной кольцевой деформации трубы равной 9 % при выдержке в течении двух минут трещин в образцах не зафиксировано.

Разрушение образцов произошло:

– первого образца (труба эксплуатировавшаяся) произошло при нагрузке F равной 17 455 Н;

– второго образца (труба не эксплуатировавшаяся) произошло при нагрузке F равной 24 500 Н.

Таблица 2

Результаты испытаний кольцевых образцов

Образцы	№ 1 (труба эксплуатировалась)			№ 2 (труба не эксплуатировалась)		
	1-1	2-2	3-3	1-1	2-2	3-3
Сечение						
Длина L , мм	498	498	498	437	437	437
Средний диаметр d_{cp} , мм	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Нагрузка F при $y/d_{cp} = 3 \%$, Н	8560	12 020	11 700	10 533	11 125	10 666
Коэффициент деформации трубы f	0,01935	0,01935	0,01935	0,01935	0,01935	0,01935
Деформация трубы y , мм	42	42	42	42	42	42
Начальная кольцевая жесткость S_0	7919,11	11120,05	10824,01	11104,59	11728,71	11244,80

Все средства измерений, примененные при проведении испытаний поверены в РУП БелГИМ.

Анализируя результаты испытаний кольцевых образцов отобранных из труб компании NOVAS, установлено, что:

начальная кольцевая жесткость образцов отобранных из эксплуатировавшихся труб составила 7 919,1–11 120,1 Н/м²;

начальная кольцевая жесткость образцов отобранных из не эксплуатировавшихся труб составила 11 104,6–11 728,7 Н/м²;

при удельной кольцевой деформации 9 % трещин в образцах не обнаружено;

удельная кольцевая деформация при испытании образца № 1 при разрушении составила 17,1 %;

удельная кольцевая деформация при испытании образца № 2 при разрушении составила 17,4 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов): ГОСТ 25.601–80. – Москва, 1981.

1. Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowej i bezciśnieniowej kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Termoutwardzalne tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym (GRP) na baize nienasyconej żywicy poliestrowej (UP). Specyfikacje dotyczące rur, kształtek i połączeń: PN-EN 14364:2006 (U), EN 14364:2006, IDT. – Warszawa, 2006.

2. Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. Rury z uttwarzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP). Oznaczanie doraznych właściwości wytrzymałościowych przy rozciąganiu wzdluznym: PN-EN 1393:2002 (U), EN 1393:1997, IDT. – Warszawa, 2002.

3. Rury z termoutwardzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP). Oznaczanie początkowej właściwości sztywności obwodowej: PN-EN 1228:1999 (U). – Warszawa, 1999.

УДК 624.046.2

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РАЗРУШАЮЩЕГО МОМЕНТА ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

ВОЛИК А. Р., ПОЧЕБЫТ А. А., ЧУРИЛО К. Ю.

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,
Гродно, Беларусь

В последние десятилетия все большую популярность для армирования железобетонных конструкций набирает арматура из композитных материалов, механические свойства которой отличаются от свойств стальной арматуры. Стержни композитной арматуры имеют более низкий модуль упругости, более высокую прочность на растяжение, чем стальные стержни, ведут себя вплоть до разрушения как идеально упругие тела, подчиняясь закону Гука.