

УДК 666.97 (075.8)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ БЕТОННЫХ ЦИЛИНДРОВ С ПОЛЫМ СЕЧЕНИЕМ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ВИБРОВАКУУМИРОВАНИЕМ**

Д-р техн. наук А.Г. Вандоловский, канд. техн. наук Башир Н. Юнис

**ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ПРИ РОЗТЯГУВАННІ БЕТОННИХ ЦИЛІНДРІВ З ПОРОЖНИСТИМ ПЕРЕТИНОМ, ВИГОТОВЛЕНИХ ВІБРОВАКУУМУВАННЯМ**

Д-р техн. наук О.Г. Вандоловський, канд. техн. наук Башир Н. Юніс

**DETERMINATION OF TENSILE STRENGTH OF CONCRETE CYLINDERS WITH HOLLOW SECTION MADE BY VIBRO-VACUUM PRESSURE**

Doct. of techn. sciences Vandolovsky O.G., cand. of techn. sciences Basheer N. Younis

*В статье представлены результаты лабораторных испытаний бетонных цилиндров с полым сечением на прочность при растяжении. Полученное преобразование формулы Клейна позволяет определять диапазон области применения бетонных цилиндров и подбирать необходимый показатель их прочности.*

*Ключевые слова: прочности при растяжении, бетонные цилиндры с полым сечением, вибровакуумирование, внешняя нагрузка, несущая способность.*

У статті наведено результати лабораторних випробувань бетонних циліндрів з порожнистим перерізом на міцність при розтягуванні. Отримане перетворення формули Клейна дає змогу визначати діапазон галузі застосування бетонних циліндрів і підбирати необхідний показник їх міцності.

**Ключові слова:** міцності при розтяганні, бетонні циліндри з порожнистим перерізом, вібровакуумування, зовнішнє навантаження, несуча здатність.

*In the present article results of laboratory testing concrete cylinders with a hollow cross-section of tensile strength. The resulting conversion formula to determine the range of Klein scope of concrete cylinders and select the desired indicator of their strength.*

**Keywords:** tensile strength of concrete cylinders with a hollow section, vibro-vacuum pressure, external load bearing capacity

**Введение.** Бетонные цилиндры с полым сечением различного назначения широко используются в химической и нефтехимической промышленности для транспортировки особо агрессивных и стерильных сред, в строительстве, а также в системе городского коммунального хозяйства. Обеспечение надежной работы современных строительных изделий в течение всего срока эксплуатации связано прежде всего с сохранением их целостности при различных режимах нагрузки и существенно зависит от точности методов определения прочности с учётом методов изготовления. На основании этого определение прочности при растяжении материала напряженного состояния является актуальной проблемой для бетонных цилиндров с полым сечением.

**Цель работы.** Определение экспериментальным путём прочности бетонных цилиндров с полым сечением при растяжении, изготовленных разработанным методом формования – вибровакуумированием, на изготовленном автором оборудовании.

**Результаты исследования.** Отмечен весомый вклад в развитие проблемы фундаментальными работами Р.В. Бейли, В.В. Болотина, Г. Генки, О.М. Гузя, А.О. Каминского, Ю.М. Шевченко и др. [1, 5].

Производственной практикой доказано [1], что использование вибровакуумной обработки бетонных смесей при формировании сборных изделий и возведении конструкций из монолитного бетона позволяет устранить проблему водопотребности заполнителей и соответственно существенно улучшить

качество бетона (по прочности, морозостойкости и др.). Доказано [2], что сочетание вибрации с другими способами значительно повышает эффективность процесса уплотнения бетонной смеси. На основании этого автором был предложен принципиально новый метод изготовления бетонных цилиндров с полым сечением, который включает в себя вакуумирование – отсос из бетонной смеси избыточной воды и воздуха, и вибрирование – воздействие на бетонную смесь колебательных движений.

Вибровакуумирование обеспечивает такие положительные свойства бетона, как интенсивный рост прочности в начальный период твердения, сокращение времени на тепловую обработку изделий, уменьшение металлоемкости технологического оборудования и др. [3, 4]. Степень уплотнения бетонной смеси зависит от частоты и амплитуды колебаний вибратора, а также от продолжительности вибрирования. Для уплотнения бетонных смесей амплитуда колебаний находится в пределах 0,3-0,7 мм при частоте колебаний около 3000 в минуту.

Для вакуумной обработки [5] уложенного бетона применяют стационарные и передвижные установки, состоящие из вакуум-насоса и вакуум-щита, покрытого фильтрующим материалом (рис. 1).

В лаборатории кафедры строительных материалов и изделий ХГУСА были проведены испытания, в результате чего были изготовлены бетонные цилиндры с полым сечением (рис. 2) на лабораторной установке, разработанной автором способом вибровакуумирования.



Рис. 1. Разработанная установка для изготовления бетонных цилиндров с полым сечением способом вибровакуумирования



Рис. 2. Полученные образцы бетонных цилиндров с полым сечением

Данные экспериментов показали, что прочность при растяжении вибровакуумных бетонных цилиндров на 40 % выше, чем у цилиндров, полученных послойным осевым прессованием и вибрированием.

**Результаты испытаний.** Для определения несущей способности и прочности при растяжении цилиндров с полым сечением были использованы метод «трех опор» и формула Клейна [2], в результате чего была установлена максимальная разрушающая нагрузка (предельная)  $P$  на 1 пог. м цилиндра (рис. 3).

Следующим этапом было определено нормальное напряжение  $\sigma_p$  на основании величин  $P$ . Для этого была использована формула Клейна:

$$\sigma_p = \frac{1,1 \cdot P \cdot r_{cp}}{6 \cdot c^2}, \quad (1)$$

где  $p$  – приведенная нагрузка.

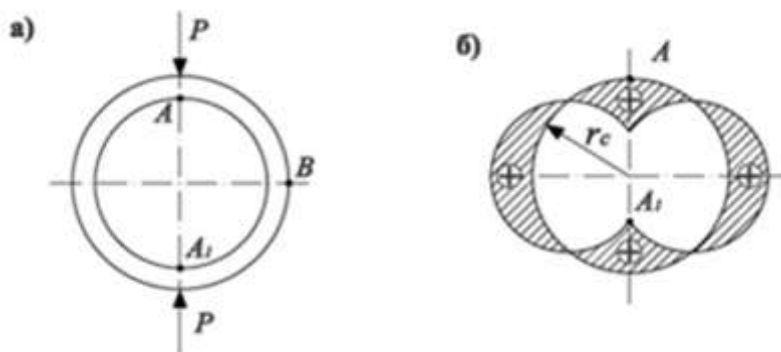


Рис. 3. Основные нагрузки на цилиндры с полым сечением и трубы: а – внешняя приведенная нагрузка; б – эпюра моментов от нагрузки

Ввиду того, что в формуле (1) приведены различные геометрические показатели, которые нельзя использовать при проектировании цилиндров и труб, А.Г. Вандоловским было

предложено использовать в расчётах соотношение  $n = \frac{d}{c}$ , что позволяет привести формулу (1) к виду:

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{1,1 \cdot p \cdot \left( d + \frac{d}{n} \right)}{100 \cdot 2 \cdot \frac{d^2}{n^2}} = 0,0055 \cdot p \cdot d \cdot \left( d + \frac{d}{n} \right) \cdot \frac{d^2}{n^2} = \\ &= 0,0055 \cdot p \cdot \left( \frac{d + nd}{n} \right) \cdot \frac{d^2}{n^2} = 0,0055 \cdot p \cdot \frac{(dn^2 + n^3 d)}{n^2 d} = \\ &= 0,0055 \cdot p \cdot \frac{dn^2(1+n)}{nd^2} = 0,0055 \cdot p \cdot \frac{n}{d} (1+n) = 0,0055 \cdot n(1+n) \frac{p}{d} \end{aligned}$$

$$\sigma_p = A \frac{p}{d}, \tag{2}$$

где  $A = 0,0055n(n+1)$ .

Юнис Б.Н. и Семененко Н.В. [6] доказали возможность использования коэффициентов А в узком диапазоне фактически используемых цилиндров ( $n = 6 \dots 9$ ), что даёт возможность использовать калькулятор в инженерных расчётах (рис. 4). В этом диапазоне для внешней нагрузки P:

$$A = 0,0064 n^2. \tag{3}$$

В таблице приведены сравнительные результаты вычислений по точной формуле (1) и предложенной (3). Вычисленные отклонения не превышают 2,4 %.

Таблица

Величины коэффициентов А в интервале  $n = 6 \dots 9$

n	$A=0,0055n(n+1)$	$A=0,007618 n^{1,9}$	$\Delta A$	%
6	0,23	0,23	0,000	0
7	0,308	0,3073	0,001	0,3
8	0,396	0,396	0,000	0
9	0,495	0,4954	0,000	0

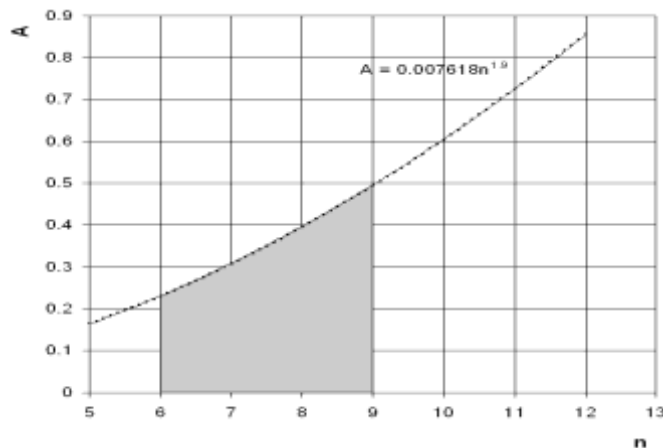


Рис. 4. Коефіцієнти А для расчёта бетонных цилиндров с полым сечением

**Выводы.** На основании анализа и обобщения литературных данных, а также проведенных автором исследований установлено, что высокое качество уплотнения достигается при использовании способа формирования бетонных цилиндров с полым сечением вибровакуумированием. Преобразование известных зависимостей, позволяющих определить нормальные кольцевые напряжения от внешней нагрузки Р, позволило получить новые преобразованные

зависимости для вычисления напряжений в бетонных цилиндрах с полым сечением при совместном действии внешней (приведённой) нагрузки. Использование этих уравнений позволяет определять диапазон области применения бетонных цилиндров и подбирать необходимый показатель их прочности. Данные исследования актуальны для строительных изделий типа трубопроводов, колонн, свай, пирсов и т.п.

### Список использованных источников

1. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности [Текст] / В.И. Самуль. – М.: Высш. шк., 1970.
2. Клейн, Г.К. Расчёт подземных трубопроводов [Текст] / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1969.
3. Асирьян, А.М. Исследование новых возможностей использования вакуума в технологии бетонов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.М. Асирьян. – Ереван, 1966.– 133 с.
4. Скрамтаев, Б.Г. Вакуумирование бетона [Текст] / Б.Г. Скрамтаев, А.Е. Десов // Строительная промышленность. – 1938. – № 3. – С.64-72.
5. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
6. Вандоловский, А.Г. Преобразование зависимости Ляме применительно к расчету бетонных трубопроводов [Текст] / А.Г. Вандоловский, Н.В. Семененко, Б.Н. Юнис // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТВ АБУ, 2009. – № 51. – С. 103.

Вандоловский Александр Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, завідувачий кафедрою будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 706-20-63.

Юнис Башир Н., кандидат технических наук, доцент кафедры будівельної механіки Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 706-20-63.

Vandolovskyi Georgiyovych Alexander, Ph.D., doct. of techn. sciences, professor of materials zaveduyuschy Department stroitel and izdelij Kharkiv National University of Construction and architecture. Tel. (057) 706-20-63.

Younis Bashir N. cand. of techn. sciences, associate professor of the department of mechanics stroytelnoy Kharkiv National University of Construction and architecture. Tel. (057) 706-20-63.